



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

VICTOR HUGO FERREIRA ANDRADE

MODELOS DE CRESCIMENTO PARA *Hymenaea courbaril* L. e *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O. Grose EM FLORESTA DE TERRA FIRME UTILIZANDO ANÁLISE DE ANÉIS DE CRESCIMENTO

CURITIBA

2015

VICTOR HUGO FERREIRA ANDRADE

MODELOS DE CRESCIMENTO PARA *Hymenaea courbaril* L. e *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O. Grose EM FLORESTA DE TERRA FIRME UTILIZANDO ANÁLISE DE ANÉIS DE CRESCIMENTO

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Manejo Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho

Co-orientador: Dr. Jochen Schöngart

Co-orientador: Prof. Dr. Sebastião do Amaral Machado

CURITIBA

2015

Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR
Ficha catalográfica elaborada por Denis Uezu – CRB 1720/PR

Andrade, Victor Hugo Ferreira

Modelos de crescimento para *Hymenaea courbaril* L. e *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O. Grose em floresta de terra firme utilizando análise de anéis de crescimento / Victor Hugo Ferreira Andrade. – 2015

73 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho

Coorientadores: Dr. Jochen Schöngart

Prof. Dr. Sebastião do Amaral Machado

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 12/03/2015.

Área de concentração: Manejo florestal

1. Árvores - Crescimento. 2. Anéis de crescimento (Botânica) - Medição. 3.

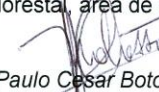



Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal


PARECER

Defesa nº. 1105

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) mestrando(a) *Victor Hugo Ferreira Andrade* em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "**MODELOS DE CRESCIMENTO PARA *Hymenaea courbaril* L. e *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O. GROSE EM FLORESTA DE TERRA FIRME UTILIZANDO ANÁLISE DE ANÉIS DE CRESCIMENTO**", é de parecer favorável à APROVAÇÃO do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Mestre* em Engenharia Florestal, área de concentração em MANEJO FLORESTAL.


Dr. Paulo Cesar Botosso
Embrapa Florestas
Primeiro examinador


Dr. Thiago Floriani Stepka
Universidade Estadual do Centro-Oeste - Unicentro
Segundo examinador


Dr. Afonso Figueiredo Filho
Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora

Curitiba, 12 de março de 2015.


Antonio Carlos Batista
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

Av. Lothário Meissner, 3400 - Jardim Botânico - CAMPUS III - CEP 80210-170 - Curitiba - Paraná
Tel: (41) 360-4212 - Fax: (41) 360-4211 - <http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao>



Aos meus pais, aos meus irmãos Rodrigo Andrade e Fernanda Andrade,
pelo apoio, amizade e amor.

DEDICO.

AGRADECIMENTO

Agradeço à Deus pelo dom da vida.

Aos meus pais Valquimar e Necineia de Andrade e meus irmãos Fernanda e Rodrigo Andrade, pelo incentivo e apoio em todas as minhas decisões.

Aos meus padrinhos Wilson e Necimar Filizzola e meus primos Guilherme, Raquel e Wilson Júnior pelo acolhimento, momentos de alegrias e dificuldades que passamos.

À todas as minhas tias e tios pelas palavras de incentivo, almoços e encontros descontraídos.

Ao meu avô José Nelcy Ferreira, pelo exemplo de superação e vontade de viver.

Ao meu orientador Dr. Afonso Figueiredo Filho, pela confiança, direcionamento e apoio.

Aos meus co - orientadores Dr. Jochen Schöngart e Prof. Dr. Sebastião do Amaral Machado, pelos ensinamentos, paciência, apoio e entusiasmo pela dendrocronologia.

À Trevisan Florestal na pessoa do Érico Trevisan, pela amizade e esforço sem medida para me ajudar na coleta das amostras.

À empresa Agroana Madeiras por disponibilizar as amostras.

À Jhon Carlos Monteiro Praia pela ajuda na preparação das amostras.

Aos professores Dr. Franklin Galvão e Dr. Carlos Roderjan pelo acolhimento e ensinamentos diários.

Aos professores Dr. Christopher Blum, Dr^a. Yoshiko e Roman pelas boas conversas descontraídas.

Ao pesquisador Dr. Paulo Botosso pelo auxílio com a anatomia da madeira, indicação e pelas divertidas conversas.

Aos amigos e Engenheiros Florestais do Laboratório de Ecologia Florestal da UFPR, M.Sc. Tomaz Longhi-Santos e M.Sc. Jaçanan Milani, pela amizade, palavras de incentivo com muita sinceridade e auxílio; ao Engenheiro Florestal M.Sc. Bruno Palka, pela amizade, auxílio com a dendrocronologia, parceiro nos cursos pelo Brasil e pelas divertidas conversas a respeito do norte do Brasil.

Aos amigos do curso de pós graduação, Engenheira Linéia Roberta Zen, Jaqueline Valerius, a M.Sc Manoela Mendes Duarte, a Doutora Dagma Kratz e Doutor Francisco Gasparetto Higuchi pelo apoio e amizade.

Aos amigos do Laboratório de Dendroecologia do INPA, Eliane Silva Batista, Cyro Assahira, Bruno Barçante L. Cintra pelo auxílio prestado durante minha coleta e tratamento dos dados.

Às engenheiras florestais M.Sc. Patrícia Leite e Eliana Paixão pelo apoio, com artigos e dicas com o GOL.

À minha família do sul, Soeli, Jaime e agregados, pelo suporte, descontração e amizade.

Ao meu amigo canino Shadow, que sempre nos contagia com sua alegria e fidelidade.

Ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná pela oportunidade deste mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas pela concessão da bolsa de estudos e incentivo a qualificação do povo amazonense.

À todos, obrigado.

Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar.
Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.

Madre Tereza de Calcutá

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi de estabelecer modelos de crescimento de *Hymenaea courbaril* L. e *Handroanthus serratifolius* (VAHL.) S. O. Grose usando análise dos anéis de crescimento, visando a definição do ciclo de corte e diâmetro mínimo de corte específico, fornecendo ferramentas para futuros planos de manejo florestal na Amazônia brasileira, utilizando o conceito GOL (Growth-Oriented Logging). O estudo foi desenvolvido no município de Novo Aripuanã - AM em área particular sob manejo florestal sustentável. Foram coletados discos de madeira na base do fuste de *H. courbaril* (n=17) e *H. serratifolius* (n=14), os quais foram extraídos no pátio da serraria da empresa Agroana Madeiras. Para todas as árvores amostradas foi obtido o diâmetro a altura do peito (DAP) e altura total. Posteriormente os discos foram secos em temperatura ambiente e submetidos ao processo de nivelamento e polimento com diferentes granulometrias (80 a 1200 g/cm²). Esse processo auxilia na visualização e demarcação dos anéis de crescimento. A idade das árvores foi determinada pela contagem direta dos anéis de crescimento presentes no lenho das árvores. Em cada disco foram medidos dois raios, obtendo-se, com um sistema de análise associado ao software TSAP-WinTM Scientific, a largura dos anéis de crescimento, com os quais foram construídas curvas de crescimento para cada espécie. Para a determinação do diâmetro mínimo de corte (DMC) e ciclo de corte (CC) foi utilizado um novo conceito para o manejo florestal na Amazônia conhecido como GOL (*Growth- Oriented Logging*). *H. courbaril* apresentou idade variando de 138 a 241 anos e *H. serratifolius* de 105 a 194 anos. O incremento médio em diâmetro foi de 0,39 cm.ano⁻¹ para *H. courbaril* e 0,41 cm.ano⁻¹ para *H. serratifolius*. Os resultados para o ciclo de corte apresentaram valores condizentes com o previsto pela legislação vigente, com pouca diferença entre as duas espécies com 24,5 anos para *H. courbaril* e 26,5 anos para *H. serratifolius*, em contrapartida o diâmetro mínimo de corte ficou acima do previsto pela legislação com 62,6 cm para *H. courbaril* com idade de 150 anos e de 67,4 cm com idade de 174 para *H. serratifolius*.

Palavras-chave: Manejo florestal, Growth-Oriented Logging, Padrões de crescimento.

ABSTRACT

The objective of this research was to establish growth models for *Hymeneaea courbaril* L. and *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose. by analysis of the growth rings in order to define the cutting cycle and minimum logging diameter (MLD), providing tools for future forest management plans in the Brazilian Amazon using the GOL concept (Growth-Oriented Logging). The study was conducted in the municipality of Novo Aripuanã - AM in an area under sustainable forest management. Cross sectional wood discs were collected at the stem base of *H. courbaril* (n=17) e *H. serratifolius* (n=14) in the courtyard of Agroana Timber company. For all sampled trees was obtained diameter at breast height (DBH) and total height. After this, samples were dried in air temperature and subjected to leveling and polishing process sanded with different grit sizes (80 to 1200g / cm²). This process helps in viewing and demarcation of growth rings. The age of the trees was obtained by direct counting the growth rings present in the wood of trees. In each disk were measured two rays to obtain, with an analysis system associated with the TSAP-WinTM Scientific software, the width of the growth rings, with which growth curves were constructed for each species. To determine the minimum logging diameter (MLD) and the cutting cycle (CC) was used a new concept for forest management in the Amazon known as GOL (Growth-Oriented Logging). *H. courbaril* showed ages ranging between 138 to 241 years old and *H. serratifolius* ranging between 105 to 241 years old. The analyses of the rings allowed the construction of their growth curves for both species. The average diameter increment was of 0.39 cm.year⁻¹ for *H. courbaril* and 0.41 cm.year⁻¹ for *H. serratifolius*. The results for the cutting cycle showed to be consistent with values expected by actual law, with little difference between the two species with 24.5 years old for *H. courbaril* and 26.5 years old for *H. serratifolius*, however the minimum cutting diameter was higher than required by actual law, with 62.6 cm for *H. courbaril* at the age of 150 years old and 67.4 cm at the age of 174 years old to *H. serratifolius*.

Keywords: Forest Management, Growth-Oriented Logging, growth patterns.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. TAXA DE DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA DE 1978 A 2014.	23
FIGURA 2. MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	33
FIGURA 3. PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISES DENDROCRONOLÓGICAS. (A) PROCESSO DE NIVELAMENTO DA SUPERFÍCIE; (B) PROCESSO DE LIXAMENTO; (C) PROCESSO DE POLIMENTO DA SUPERFÍCIE DA MADEIRA.	39
FIGURA 4. MESA LINTAB 5 PARA A MEDIÇÃO DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO POR MEIO DO SOFTWARE TSAP WINTM SCIENTIFIC	44
FIGURA 5. CORTE TRANSVERSAL EVIDENCIANDO OS ANÉIS DE CRESCIMENTO. (A) <i>H. COURBARIL</i> . (B) <i>H. SERRATIFOLIUS</i>	50
FIGURA 6. DISCOS DE <i>H. COURBARIL</i> E <i>H. SERRATIFOLIUS</i> COM INDICAÇÕES DAS DIFICULDADES ENCONTRADAS A DETERMINAÇÃO DOS LIMITES DOS ANÉIS. (C) E (D) AUSÊNCIA DE MEDULA; (E) E (F) FORMATO EXCÊNTRICO; PRESENÇA DE FALSOS ANÉIS E FUNGOS.	51
FIGURA 7. RELAÇÃO ENTRE O CRESCIMENTO EM DAP E IDADE DOS INDIVÍDUOS DE <i>H. COURBARIL</i> E <i>H. SERRATIFOLIUS</i> . AS LINHAS CINZAS REPRESENTAM O CRESCIMENTO INDIVIDUAL DE CADA AMOSTRA, E A LINHA PRETA REPRESENTA O CRESCIMENTO MÉDIO DAS ESPÉCIES AJUSTADO PELO MODELO.	53
FIGURA 8. CURVA DE CRESCIMENTO EM DIÂMETRO A ALTURA DO PEITO (DAP) DE <i>H. COURBARIL</i> E <i>H. SERRATIFOLIUS</i> . LINHA VERMELHA CRESCIMENTO CUMULATIVO EM DAP, LINHA PRETA REPRESENTA O INCREMENTO CORRENTE ANUAL EM DIÂMETRO E A LINHA TRACEJADA REPRESENTA O INCREMENTO MÉDIO EM DIÂMETRO.	56
FIGURA 9. RELAÇÃO ENTRE ALTURA TOTAL E DAP, AJUSTADO POR MEIO DE REGRESSÃO NÃO-LINEAR PARA <i>H. COURBARIL</i> E <i>H. SERRATIFOLIUS</i>	57
FIGURA 10. CURVAS DE CRESCIMENTO EM ALTURA PARA <i>H. COURBARIL</i> E <i>H. SERRATIFOLIUS</i> . A LINHA VERMELHA REPRESENTA O CRESCIMENTO CUMULATIVO EM ALTURA, A LINHA PRETA REPRESENTA O INCREMENTO CORRENTE ANUAL EM ALTURA (ICA) E A LINHA PRETA TRACEJADA REPRESENTA O INCREMENTO MÉDIO EM ALTURA (IM).	57
FIGURA 11. PONTO MÁXIMO DE INCREMENTO CORRENTE EM VOLUME PARA <i>H. COURBARIL</i> E <i>H. SERRATIFOLIUS</i>	58

FIGURA 12. RELAÇÃO ENTRE O DIÂMETRO A ALTURA DO PEITO E IDADE PARA *H. COURBARIL* E *H. SERRATIFOLIUS*. A LINHA PRETA CONTÍNUA REPRESENTA O DAP (CM). OS VALORES ENTRE AS LINHAS TRACEJADAS REPRESENTAM O TEMPO REAL QUE CADA ESPÉCIE NECESSITOU PARA ATINGIR CADA CLASSE DE 10CM DE DAP. DMC REPRESENTA O DIÂMETRO MÍNIMO DE CORTE E O IC_{MAX} O INCREMENTO CORRENTE MÁXIMO EM VOLUME.60

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - DADOS DENDROMÉTRICOS DAS AMOSTRAS COLETADAS POR ESPÉCIE.....	37
TABELA 2 - EQUAÇÕES ALOMÉTRICAS PARA ESTIMAR O VOLUME DE MADEIRA DE <i>H. COURBARIL</i>	47
TABELA 3 - EQUAÇÕES ALOMÉTRICAS PARA ESTIMAR O VOLUME DE MADEIRA DE <i>H. SERRATIFOLIUS</i>	47
TABELA 4 - TIPO DE ZONA DE CRESCIMENTO ENCONTRADOS E O NÍVEL DE DISTINÇÃO DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO, SEGUNDO IAWA (1989).	49
TABELA 5 - DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS DE <i>H. COURBARIL</i> E <i>H. SERRATIFOLIUS</i>	52
TABELA 6 - COEFICIENTES DOS AJUSTES E ESTATÍSTICA DA RELAÇÃO DAP - IDADE DE <i>H. COURBARIL</i> E <i>H. SERRATIFOLIUS</i>	54
TABELA 7 - COEFICIENTES DOS AJUSTES E ESTATÍSTICA DA RELAÇÃO DAP - ALTURA DE <i>H. COURBARIL</i> E <i>H. SERRATIFOLIUS</i>	56
TABELA 8 - DIÂMETRO MÍNIMO DE CORTE E IDADE ALCANÇADO PELAS DIFERENTES EQUAÇÕES DE VOLUME PARA <i>H. COURBARIL</i> E <i>H. SERRATIFOLIUS</i>	59
TABELA 9 - VOLUME APRESENTADO PARA <i>H. COURBARIL</i> E <i>H. SERRATIFOLIUS</i> AOS 50 CM DE DIÂMETRO E NO DMC DEFINIDO PELAS EQUAÇÕES COMO O PONTO DE MÁXIMO INCREMENTO EM VOLUME.....	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVO GERAL	19
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 FLORESTA AMAZÔNICA BRASILEIRA	20
2.2 FLORESTA DE TERRA FIRME NA BACIA AMAZÔNICA	21
2.3 USO DOS SOLOS	23
2.4 GOL (<i>Growth Oriented Logging</i>)	24
2.5 CRESCIMENTO DAS ÁRVORES	26
2.6 ANÉIS DE CRESCIMENTO	27
2.7 DENDROCRONOLOGIA	28
2.8 DENDROCRONOLOGIA E O MANEJO FLORESTAL	31
3 MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	33
3.2 DADOS DO INVENTÁRIO FLORESTAL	36
3.3 COLETA DE MATERIAL PARA ESTUDOS DENDROLÓGICOS	38
3.4 CARACTERÍSTICAS DAS ESPÉCIES	39
3.5 RECONHECIMENTO DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO	43
3.6 MEDIÇÃO DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO	43
3.7 MODELAGEM DO CRESCIMENTO	44
3.7.1 Crescimento em diâmetro	45
3.7.2 Crescimento em altura	46
3.7.3 Volume	46
3.7.4 Definição do diâmetro mínimo de corte e do ciclo de corte	48
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49

4.1 DESCRIÇÃO ANATÔMICA	49
4.2 DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS	51
4.3 CURVAS DE CRESCIMENTO EM DIÂMETRO	53
4.4 CURVAS DE CRESCIMENTO EM ALTURA	56
4.5 CURVAS DE CRESCIMENTO EM VOLUME	58
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	63
REFERÊNCIAS.....	64

1 INTRODUÇÃO

A região amazônica ocupa uma área de aproximadamente 6 milhões de Km² (BRAGA, 1979), concentrando uma das maiores reservas de recursos naturais, cerca de 20% de espécies vegetais do planeta, 20% de pássaros e 10% de espécies de mamíferos (ITTO, 2011), com grande importância na manutenção da biodiversidade, ciclagem da água e nos ciclos biogeoquímicos (FEARNSIDE, 1999; LOBÃO, 2011).

A exploração madeireira representa uma das principais atividades desenvolvidas na Amazônia Brasileira. De acordo com o Serviço Florestal Brasileiro e o IMAZON (2010), essa atividade possibilitou de maneira direta ou indireta, a geração de cerca de 203,702 mil empregos com uma receita de R\$ 4,9 bilhões de reais em 2009 e produção em torno de 14,2 milhões de metros cúbicos de madeira. Durante muito tempo a atividade florestal era realizada somente em florestas alagáveis de várzeas ao longo do Rio Amazonas e seus maiores afluentes, contudo com a construção de estradas na década de 1970 possibilitou a exploração de florestas de terra firme que apresentavam uma maior diversidade de espécies de alto valor e nenhuma restrição ambiental (LENTINI *et al.*, 2005), levando a uma grande pressão sobre os recursos naturais.

A Secretaria de Desenvolvimento Sustentável – SDS do estado do Amazonas vem desenvolvendo atividades com objetivo de capacitação e legalização de toda a cadeia produtiva com objetivo de promover maiores benefícios econômicos, sociais e garantindo um manejo mais sustentável dos recursos naturais (SDS, 2008).

Apesar dos esforços por parte do governo a grande diversidade das florestas tropicais torna o manejo florestal bastante complexo, pois em uma floresta tropical natural existem árvores de diferentes espécies, idades e tamanho presentes em um mesmo terreno (BUONGIORNO; GILLESS, 1987).

O atual manejo florestal praticado na região Amazônica tem como base o código florestal nº 12.651 de 25 de maio de 2012, o qual fundamenta um sistema policíclico, com ciclos de corte, baseado na função da intensidade de corte e da produtividade, podendo atingir até 30 anos e diâmetro mínimo de corte de 50 cm.

Esse modelo de manejo florestal leva a uma maior pressão sobre os recursos florestais, pois desconsidera as variações nas taxas de crescimento entre as espécies, entre diferentes habitats e ao longo dos anos. Espécies que apresentam uma baixa

densidade de madeira podem apresentar o diâmetro mínimo para corte muito antes do estabelecido assim como espécies de alta densidade, que normalmente apresentam crescimento lento, podem levar um maior tempo para atingir o diâmetro de derrubada (SCHÖNGART, 2008).

O atual manejo florestal empregado em regiões tropicais é do tipo policíclicos que pressupõem cortes seletivos com retorno de acordo com o ciclo de corte arbitrado. Esse sistema de manejo é uma adaptação dos modelos clássicos, em sua maioria europeus, desenvolvidos para florestas temperadas, que apresentam problemas operacionais e técnicos bem como uma grande lacuna a respeito das informações ecológicas das espécies arbóreas de interesse comercial.

Segundo Schulze *et al.* (2008) apesar dos progressos feitos no manejo florestal nas últimas décadas cerca de 95 a 98% da exploração na Amazônia continua a ocorrer de maneira convencional sendo o precursor para pecuária e agricultura (LENTINI *et al.*, 2005). Ainda segundo os autores o corte seletivo na Amazônia é caracterizado pela péssima programação e excussão.

A intensa exploração das espécies comerciais combinados com um excessivo danos sobre a floresta durante a exploração pode comprometer a produção futura bem como a integridade ecológica das florestas exploradas (SCHULZE *et al.*, 2008). Busca-se a cada dia ferramentas e protocolos que possam aprimorar o manejo florestal, principalmente de espécies tropicais, o que exige mais conhecimento por espécie, ambiente ou região obedecendo ao ritmo de crescimento e recuperação para um novo ciclo de corte, fontes estas, que são obtidas atualmente por meio de monitoramento de parcelas permanentes, mas ainda são escassas, pois demandam muito tempo e recursos (OLIVEIRA, 2010).

A comprovação da anualidade dos anéis é de suma importância para os estudos de dendrocronologia. Existem diversas metodologias para a comprovação da anualidade dos anéis como por exemplo, datação por radiocarbono, janela de Mariaux, relação com as variáveis climáticas dentre outras.

Schulze (2003), monitorando o crescimento em diâmetro de *Hymenaea courbaril* e *Tabebuia serratifolius* na FLONA do Tapajós no estado do Pará, evidenciou uma dormência na atividade cambial de Julho a Setembro para *H. courbaril* e Outubro para *T. serratifolius* indicando que as espécies apresentam anéis de crescimento anuais.

A dendrocronologia, ciência que analisa anéis de crescimento anuais das árvores e gera informações sobre as taxas de crescimento radial, relacionando-as com fatores ambientais (WORBES, 2004), surge como uma ferramenta de respostas rápidas que possibilitam viabilizar os estudos sobre o crescimento da floresta, que serve de base para o manejo florestal (MATTOS *et al.*, 2011).

Apesar de ainda ser recente esse tipo de estudo em florestas tropicais no Brasil é possível encontrar diversas publicações nessas regiões (WORBES, 1995; BOTOSSO; TOMAZELLO, 2001; BRIENEN; ZUIDEMA, 2006; SCHÖNGART *et al.*, 2007; LISI *et al.*, 2008).

Na várzea amazônica, que segundo Prance (1980) são áreas inundáveis por águas brancas com grande quantidade de sedimentos em suspensão oriundos dos Andes, Schöngart (2008) desenvolveu um novo conceito para o manejo florestal de espécies, onde o manejo é desenvolvido especificamente por espécie, definindo diâmetro mínimo de corte (DMC) e ciclo de corte (CC) com base no ritmo de crescimento de cada espécie, caminhando em direção de um manejo mais sustentável.

Braz *et al.* (2012) afirmaram que os estudos de manejo florestal não estarão completos se não houver uma previsão aceitável de quanto as diferentes espécies na floresta possam se recuperar dentro de um intervalo de tempo, garantindo assim a recuperação de seu volume e a sustentabilidade da produção florestal.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi estabelecer modelos de crescimento em diâmetro e volume de *Hymenaea courbaril* L. e *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose, espécies nativas de terra firme e de importância econômica na exploração madeireira no Sul do Amazonas, visando a definição do ciclo de corte e diâmetro mínimo de corte específico, fornecendo ferramentas para futuros planos de manejo florestal na região.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever e caracterizar os anéis de crescimento de *Hymenaea courbaril* L. e *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose por meio da anatomia macroscópica da madeira;
- Determinar e/ou estimar a idade das árvores destas duas espécies florestais;
- Construir as curvas de crescimento em diâmetro e volume das duas espécies;
- Determinar as das taxas de incremento corrente e médio em diâmetro e volume de madeira;
- Estimar o diâmetro mínimo de corte (DMC) e o ciclo de corte (CC) para definir critérios de manejo para cada uma das espécies.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 FLORESTA AMAZÔNICA BRASILEIRA

A floresta amazônica é caracterizada principalmente pela presença da extensa bacia hidrográfica do rio Amazonas. O rio Amazonas apresenta 6.740 Km de extensão e uma descarga que pode chegar a 175 mil metros cúbicos de água por segundo. Seus principais afluentes originam-se em três áreas distintas: (a) nos Andes, (b) no planalto Guianense e (c) no planalto Brasileiro (PIRES- O'BRIEN; O' BRIEN, 1995).

Suas diversas fisionomias devem-se aos diversos tipos de substratos presentes sob elas, aliado as variações de pluviosidade. Desse modo, existem as florestas de terra-firme, as florestas de igapó e as florestas de várzea, cada uma com sua peculiaridade e espécies de árvores próprias (PIRES- O'BRIEN; O' BRIEN, 1995).

Uma floresta no que diz respeito a sua fisionomia é um conjunto de árvores cujas copas se tocam e se entrelaçam formando um dossel praticamente fechado. Uma formação de vegetação é definida pela sua estrutura, fisionomia e pelos seus componentes vegetais. Para uma floresta tropical a propriedade estrutural abrange a altura das árvores, se as árvores têm a tendência de ter copas em camadas e a presença de diferentes trepadeiras e epífitas (WHITMORE, 1990).

Uma das características importantes das florestas tropicais é a sua riqueza, ou seja, um grande número de espécies de árvores dividindo o mesmo ambiente. Contudo, pode apresentar baixa densidade, podendo chegar a apenas um indivíduo por hectare, o que dificulta o estudo da dinâmica dessa floresta. A floresta tropical apresenta um ambiente extremamente heterogêneo, tanto no espaço quanto no tempo (PIRES- O'BRIEN; O' BRIEN, 1995).

Existem diversas teorias que buscam explicação para a grande biodiversidade desses ambientes. Uma delas é o fato de que essas populações passaram por uma separação depois de um longo período seco que ocorreu no final do Pleistoceno e pós-Pleistoceno. Alguns fatores são usados para explicar a grande diversidade como, por exemplo: pouca inexpressividade do clima, alto grau de especiação em relação à extinção, alta taxa de competição, diversidade ambiental e frequência de perturbações e herbivoria (HIGUCHI *et al.*, 2009).

Segundo Higuchi *et al.* (2009) existe uma correlação entre os tipos florestais e bacias hidrográficas. Assim as tipologias florestais são associadas aos rios, solos e topografia.

Ainda, segundo esses autores as populações locais classificam as tipologias florestais pelo relevo, onde são divididos em dois tipos: floresta de terra-firme e florestas inundáveis.

2.2 FLORESTA DE TERRA FIRME NA BACIA AMAZÔNICA

Segundo Worbes (1995), a bacia amazônica contém mais da metade de toda a floresta tropical restante no mundo e a grande maioria dessa área ocorre no Brasil. A região amazônica ocupa aproximadamente 6.000.000 km² da América do Sul e é composta por diferentes formações fitogeográficas, condicionadas por fatores climáticos e topográficos, que possibilitaram o surgimento de variadas formações vegetais. Na bacia amazônica brasileira estima-se que a área coberta com floresta densa de terra-firme tenha sido, originalmente, em torno de 3.303.000 km² (BRAGA, 1979).

Grande parte da extensão da floresta Amazônica é constituída por florestas de terra firme. É caracterizada pela elevada riqueza e diversidade de espécies. Apresentam diferentes formações de florestas devido à variação nas condições edáficas, topográficas, climáticas e hidrológicas, como platô, vertente, campinarana e baixio e ações antropogênicas ou florestas secundárias (RIBEIRO *et al.*, 1999; OLIVEIRA; AMARAL, 2004).

O termo “terra firme” se aplica a todas as florestas que não são sazonalmente inundadas pela cheia dos rios, diferenciadas, assim, das florestas alagáveis, várzea e igapó. Diferentes habitats podem ser reconhecidos dentro do que se chama “terra firme” e a estrutura e a florística dessas formações são definidas principalmente pelo tipo de solo e relevo (SCUDELLER; RAMOS; CRUZ, 2009).

As florestas de terra firme são em sua maioria de folhagem constante, ou seja, realizam as trocas periodicamente, não apenas de uma só vez. Estão localizadas em regiões elevadas que normalmente não sofrem inundações de rios (FERRI, 1980).

Para Ribeiro *et al.* (1999) as florestas de terra firme possuem sua estrutura e florística definidas pelo tipo de solo e relevo: platô, vertente e baixio.

Os solos da Amazônia em geral são antigos, remontam à era Paleozóica. Essas áreas são compostas por uma bacia sedimentar, entre os escudos guianense e brasileiro. O vale tem formação sedimentar fluvial de textura grossa, que foram depositados entre o Cretáceo e Terciário. Em resumo, este é o processo de formação dos solos de terra-firme, tendo como ordens principais: latossolos e argissolos. São solos ácidos, com pH de extremamente a moderadamente ácidos, e pobres em nutrientes (MAIA; MARMOS, 2010).

Ainda segundo Ribeiro *et al.* (1999) os solos predominantes no platô são argilosos, sedimentos mais antigos e arenoso nas porções mais baixas. A vertente apresenta um gradiente similar ao do platô nas partes mais altas, como solos argilosos, e à campinarana nas porções mais baixas com solos areno – argilosos.

A fisionomia da floresta apresenta características importantes. O estrato superior pode atingir 40 m e eventualmente 50 m e sua distinção entre o estrato médio e inferior é difícil. O estrato superior é compacto, com árvores emergentes e com certa distância entre si. O sub-bosque em sua maioria é limpo (HIGUCHI *et al.*, 2009). Contudo, segundo Salati *et al.* (1983) o estrato da floresta de terra firme é composto também por uma gama de outras formas de vida vegetal ecologicamente adaptadas, como cipós, plantas herbáceas, arbustos escandescentes, diversas formas de palmeiras, epífitas, líquens e musgos, dentre outras.

A Amazônia há muito vem despertando interesse tanto nacional como internacional. Grande parte desse interesse deve-se não apenas à sua extensão territorial e/ou potencial econômico, mas sobretudo, às questões relacionadas ao crescente desmatamento da região.

Segundo Lisboa *et al.* (1991) as florestas de terra firme concentram a maior riqueza madeireira da região amazônica, devido a sua grande extensão e sua diversidade florística, tendo como principais espécies o mogno (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*), maçaranduba (*Manilkara* spp), itaúba (*Mezilaurus itauba*), angelim pedra (*Hymenolobium petraeum*), angelim rajado (*Pithecellobium racemosum*), sucupira (*Bowdichia nítida*), castanheira (*Bertholletia excelsa*), dentre outras.

2.3 USO DOS SOLOS

Na Amazônia, além da exploração seletiva de madeira, a agropecuária, a produção de energia e o extrativismo representam os principais usos dos solo.

A Figura 1 apresenta os níveis de desmatamento anual registrados pelo projeto PRODES do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, que usa tecnologia de sensoriamento remoto para mapear os desmatamentos na Amazônia brasileira.

Em 2014 foi identificado uma redução de cerca de 18% nas taxas de desmatamento para os estados da Amazônia brasileira em relação ao ano anterior.

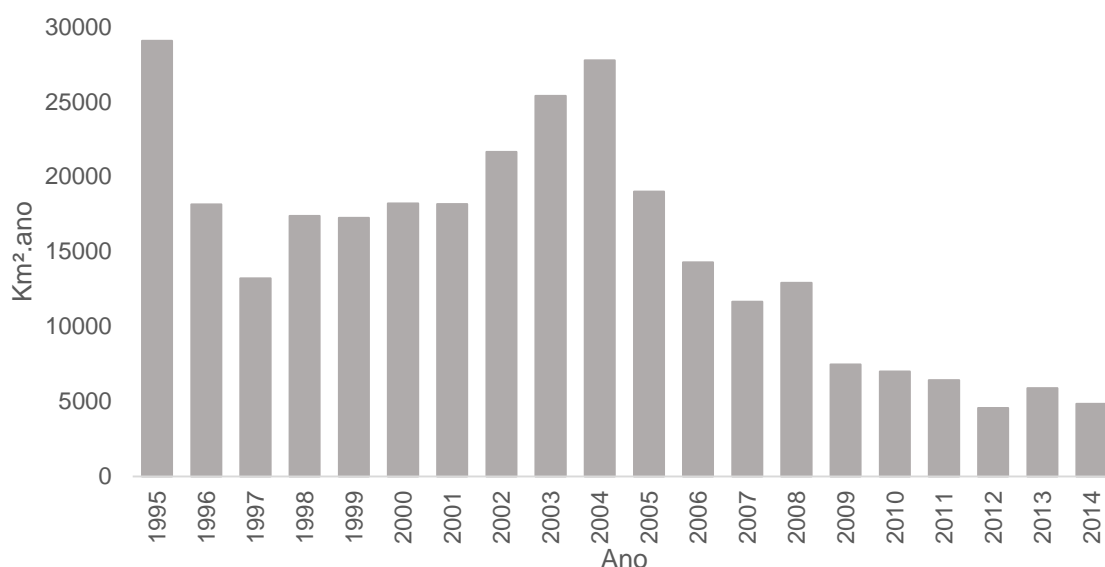


Figura 1. Taxa de desmatamento na Amazônia brasileira de 1978 a 2014.

Fonte: (<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>)

Segundo Fearnside (2006), os estados que apresentam as maiores taxas de desmatamento são o Mato Grosso (ao norte), o estado do Pará e o estado de Rondônia, onde as florestas vem sendo substituídas para a implantação de grandes fazendas de pecuária. Aliado a esta atividade está o desmatamento proveniente de projetos rodoviários, como a reconstrução das rodovias federais BR 319 e BR 163.

Na Amazônia brasileira a exploração madeireira é responsável por grandes áreas desmatadas. Isto quer dizer que a exploração madeireira é utilizada como um pré - investimento aos projetos agropecuários, substituindo inclusive os antigos incentivos fiscais, o que pode representar um acréscimo de cerca de 123% ao desmatamento (FEARNSIDE, 2006; HIGUCHI, 2007; SANTANA *et al.*, 2012).

No período de 2012 a 2013 as emissões de CO₂ totalizaram 100 milhões de toneladas, um aumento de 60% em relação ao período anterior (MARTINS *et al.*, 2013). Do ponto de vista econômico segundo DOMINGUES; CARVALHO; MAGALHÃES (2013) a Amazônia Legal contribuiu com apenas 0,14% do PIB nacional entre 2006-2011.

A redução observada nas taxas de desmatamento nos últimos 6 anos está diretamente ligada aos esforços do governo com a criação de diversos programas de controle do desmatamento, como o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento, o Plano Nacional de Mudanças Climáticas entre outros (SFB, 2013).

2.4 GOL (*Growth Oriented Logging*)

O desmatamento vem apresentando um aumento significativo desde de 1991, variando de acordo com as condições econômicas. Os impactos causados pelo desmatamento ocasionam uma perda do uso sustentável da floresta tanto de produtos madeiráveis como não madeiráveis bem como o valor dos serviços ambientais que a floresta pode oferecer (FEARNSIDE, 2006).

O manejo florestal se mostra como o melhor caminho para diminuir os efeitos negativos causados pela exploração madeireira, bem como uma alternativa para o uso do território amazônico (CARVALHEIRO *et al.*, 2008). Nos últimos anos observa-se um aumento das atividades de manejo florestal em comunidades de pequena e média escala que visa a conversão da exploração madeireira em oportunidade de desenvolvimento (AMARAL e AMARAL, 2000). Diversos projetos vem sendo desenvolvido ao nível de comunidade como por exemplo o Projeto Mamirauá, o Programa Piloto para a Conservação das Florestas Tropicais do Brasil (PPG7) e a Fundação Floresta Tropical (FFT) (AMARAL e AMARAL, 2000; STONE-JOVICICH *et al.*, 2007).

Segundo Rosa (2008) apesar de todos os avanços no desenvolvimento de métodos e técnicas de exploração florestal no sentido conservar e reduzir os impactos a floresta a sustentabilidade ainda não apresentou resultados satisfatórios.

Para Brien e Zuidema (2006) as informações a respeito das taxas de crescimento das espécies comerciais, que normalmente ainda são pouco utilizadas, determinam o sucesso no desenvolvimento do manejo florestal.

Schöngart (2008) desenvolveu uma nova técnica para a condução do manejo florestal sustentável (GOL- *Growth Oriented Logging*). Inicialmente essa técnica foi aplicada para florestas alagáveis. Como essa técnica utiliza-se da análise dos anéis de crescimento é possível de ser aplicada em outros ambientes.

A técnica GOL leva em consideração as diferenças observadas no crescimento de espécies comerciais tendo como base suas taxas de crescimento arbóreo a partir da análise dos anéis anuais na madeira (SCHÖNGART, 2008).

A modelagem do GOL utiliza curvas de incremento radial de cada indivíduo, que relacionado com o DAP medido em campo permite a construção de curvas cumulativas em diâmetro para cada indivíduo e uma curva média para cada espécie, (SCHÖNGART *et al.*, 2007; SCHÖNGART, 2008) descrevendo assim a relação DAP - idade ajustada por uma função sigmoidal.

O crescimento em altura das espécies foi estimado pela relação idade - diâmetro e a relação entre DAP e altura medida em campo ajustadas por regressão não - linear. Assim para cada idade da árvore ao longo da vida de uma espécie, o DAP correspondente e a altura pode ser derivada (SCHÖNGART *et al.*, 2007; SCHÖNGART, 2008).

Para o crescimento em volume, a taxa de incremento corrente anual em volume (ICA) e a taxa média de incremento anual em volume (IMA) foi derivada para cada idade da árvore, seguindo equações específicas. Para atingir a produção máxima em volume uma árvore explorada deve estar entre o máximo de ICA e o máximo de IMA. A exploração de uma árvore antes do máximo de ICA e depois do máximo de IMA pode levar a um uso ineficiente do potencial de crescimento das espécies, pois ainda não alcançou ou passou pelo seu máximo de crescimento (SCHÖNGART, 2008; SCHÖNGART *et al.*, 2011).

O diâmetro mínimo de corte (DMC) é definido no diâmetro em que ocorre o máximo incremento corrente em volume derivado pela relação idade – diâmetro. Para estimar o ciclo de corte (CC) é calculado a média do tempo que as espécies levam para passar por classes diamétricas de 10 cm até atingir o diâmetro mínimo de corte considerando o desvio padrão da curva de crescimento em diâmetro. Esse período

representa o tempo médio que um indivíduo necessita para passar para a próxima classe de diâmetro (SCHÖNGART *et al.*, 2007; SCHÖNGART, 2008).

2.5 CRESCIMENTO DAS ÁRVORES

O crescimento pode ser definido como uma mudança de qualquer característica mensurável, como diâmetro, altura, volume, peso, biomassa, etc. O crescimento de árvores individuais pode ser entendido como o somatório da divisão, alongamento e engrossamento de suas células (ENCINAS; SILVA; PINTO, 2005).

Segundo Scolforo (1994), o crescimento das árvores consiste no acréscimo dos elementos dendrométricos (por exemplo, diâmetro, altura, área basal e volume). Esse aumento é produzido pela atividade fisiológica da planta (meristema primário e secundário ou cambial). Em termos de diâmetro o crescimento se dá em função das atividades do câmbio vascular. As células formadas pelo câmbio vascular dão origem ao lenho, que por sua vez se diferenciam em alburno (parte mais externa, em geral com coloração mais clara, menos densidade e resistência, e com atividade fisiológica) e cerne (parte mais interna, em geral com coloração mais escura, maior densidade e resistência e sem atividade fisiológica).

A determinação do crescimento implica conhecer o estado inicial (lenho inicial) assim como o estado final (lenho tardio) e o correspondente tempo transcorrido de um estado a outro. Esse crescimento acumulado ao longo do tempo é denominado de produção florestal (ENCINAS; SILVA; PINTO, 2005).

O lenho inicial corresponde ao crescimento da árvore no início do período vegetativo, normalmente na primavera, quando as plantas despertam do período de dormência e reassumem suas atividades fisiológicas. Com a aproximação do fim do período vegetativo, normalmente no outono, as células diminuem lentamente sua atividade fisiológica. Em consequência, suas paredes celulares tornam-se gradualmente mais espessas e suas cavidades menores. Isso dá ao lenho tardio uma tonalidade mais escura que permite distingui-lo do lenho inicial ou primaveril. É essa alternância de cores que evidencia os anéis de crescimento de muitas espécies, em especial das Gimnospermas, vulgarmente conhecidas como coníferas (BOTOSSO; MATTOS, 2002).

Nas Gimnospermas os anéis de crescimento representam, geralmente, o incremento anual das árvores. A cada ano é acrescentado um novo anel ao tronco, razão pela qual são denominados anéis anuais. Sua contagem permite determinar a idade do indivíduo. Em um anel distinguem-se normalmente duas partes: lenho inicial ou primaveril e lenho tardio, outonal ou estival. Em madeiras de Angiospermas, comumente designadas folhosas, os anéis de crescimento podem destacar-se por diferentes padrões de características anatômicas na madeira proporcionando-lhes uma maior complexidade e variação na formação (BURGE; RICHTER, 1991).

O crescimento das árvores, além de sua idade, depende da disponibilidade dos recursos ambientais (temperatura, precipitação, vento, insolação e nutrientes), do espaço físico, das características edáficas (físicas, químicas e biológicas), topográficas (inclinação, altitude e exposição) e de fatores de competição, como a influência de outras espécies, tamanho e constituição genética da árvore, bem como de sua história de desenvolvimento (POORTER; BONGERS, 1993).

De acordo com (PRODAN; COX; REAL, 1997), o crescimento é o aumento de dimensões de um ou mais indivíduos em uma floresta num determinado período de tempo, o qual está influenciado pelas características da espécie interagindo com o ambiente.

Muitos autores definem a palavra crescimento, indicando a importância dessa grandeza. Nesse sentido, as estimativas do crescimento de uma árvore ou de um povoamento tornam-se essenciais para o planejamento de um empreendimento florestal, uma vez que várias decisões dependem diretamente dessas estimativas, como a quantidade de madeira que pode ser cortada anualmente, as espécies e tipos de produtos que estão ou se tornarão disponíveis no futuro (SCHNEIDER, 1993).

2.6 ANÉIS DE CRESCIMENTO

Anéis de crescimento são estruturas anatômicas do xilema secundário que, observadas em corte transversal, configuram círculos mais ou menos concêntricos e contínuos, ao redor da medula. Dentre os grupos taxonômicos que podem formar anéis de crescimento, destacam-se as gimnospermas e angiospermas dicotiledôneas (OLIVEIRA, 2007).

Segundo Worbes (1995), a formação dos anéis de crescimento são induzidos por mudanças favoráveis e não favoráveis, ou seja, estresses causados por fatores como: baixas temperaturas no inverno em zonas temperadas e altitudes como também estações secas e inundações nos trópicos. Esses fatores climáticos induzem a dormência cambial e, conseqüentemente, a formação dos anéis de crescimento.

Células de xilema e de floema secundários são originárias do câmbio vascular. Este meristema compõe uma bainha contínua que recobre o xilema e é recoberta pelo floema. Por meio de divisões periclinais, o câmbio forma novos elementos xilemáticos e floemáticos em direção ao interior e exterior do corpo vegetal. Quanto mais próximo ao câmbio mais recentes são as células de xilema (LARSON, 1994).

Isso permite ordenar os anéis de crescimento em escala temporal, pois, quanto mais próximo ao câmbio mais recente é o anel e vice-versa. Contudo, para datá-los de forma absoluta, é preciso conhecer o ritmo de atividade cambial, já que a existência de anéis de crescimento numa dada espécie não é um fator determinante para que estes sejam formados com periodicidade anual, tão pouco regular (LARSON, 1994).

De forma mais simples, os anéis de crescimento resultam da deposição sucessiva de camadas de tecidos lenhosos no fuste, em razão da atividade cambial periódica. Assim, a atividade do câmbio vai acrescentando ano a ano, ou sazonalmente, camadas justapostas que irão estruturar o material lenhoso, formando os anéis de crescimento (ENCINAS; SILVA; PINTO, 2005).

2.7 DENDROCRONOLOGIA

Pode ser definida como uma ciência de datação das árvores, que se utiliza dos estudos dos anéis de crescimento, ou ainda, a ciência que realiza a datação dos anéis de crescimento das árvores por meio de análises anatômicas da madeira, e avaliando as informações de crescimento correlacionando com questões ambientais e históricas.

Também pode ser definida como uma ciência multidisciplinar, pois fornece dados que podem ser utilizados nos estudos de outras ciências como, por exemplo: a dendroclimatologia, a dendroecologia, a dendrosismologia, dentre outras (TOMAZELLO; BOTOSSO; LISI, 2001; LOBÃO, 2011), ou ainda, segundo Kaennel e

Schweingruber (1995) a dendrocronologia é uma ciência de datação dos anéis de crescimento das árvores que estuda suas estruturas e interpreta informações em torno do meio e eventos históricos e seus processos.

Segundo Grissino-Mayer (1996), a dendrocronologia é regida por fundamentos essenciais para torná-la uma ciência consistente, seus fundamentos são:

- **Princípio da Uniformidade:** Estabelece que o processo físico e biológico dos atuais processos ambientais que influenciam o desenvolvimento dos anéis de crescimento tem origem no passado, ou seja, o presente é a chave para o passado. De outro modo, conhecendo as condições ambientais, identificados nos anéis de crescimento das árvores, podem-se prever de maneira mais eficaz as condições ambientais do futuro.
- **Princípio dos Fatores Limitantes:** Este princípio define que as taxas de processos das plantas são limitadas por variáveis ambientais nas regiões áridas e semi-áridas. Nessas regiões o crescimento das árvores está diretamente relacionado com a precipitação, em outros locais a temperatura é o fator limitante.
- **Princípio da Amplitude Ecológica:** Determina que uma árvore cresça e se desenvolva em um determinado intervalo de habitats, estabelecendo, assim, sua amplitude ecológica, ou seja, espécies endêmicas apresentam uma baixa amplitude ecológica, pois estão presentes somente em ambientes específicos.
- **Princípio da Seleção do Sítio:** Estabelece que a escolha dos sítios deve obedecer ao objetivo do estudo, por exemplo, se o objetivo é examinar anéis de árvores sensíveis à secas deve-se procurar ambientes onde a precipitação é um fator limitante.
- **Princípio da Replicação:** Estabelece que a maior obtenção de indivíduos de um sítio, ou de vários sítios diminui os “ruídos”, ou seja, diminui os fatores que não são alvo do estudo e que exercem grande influência sobre os resultados.

A falta de informações a respeito do desenvolvimento de espécies nativas se dá pela falta de observações a longos períodos. Contudo, se as espécies arbóreas apresentarem anéis de crescimento em sua estrutura anatômica, que possibilitem a sua identificação, pode-se montar séries cronológicas por meio de estudos dendrocronológicos, que possibilitam conhecer seu desenvolvimento no passado de

maneira mais rápida, possibilitando um melhor conhecimento das espécies nativas (SCHEEREN *et al.*, 2002).

Acreditava-se que estudos dendrocronológicos, para espécies tropicais não eram passíveis de serem realizados, devido à falta de estações climáticas bem definidas como em regiões de clima temperado, contudo, no início do século XX pesquisadores demonstraram que algumas espécies tropicais apresentam anéis de crescimento e que são condicionados ao ciclo de chuva para terra-firme e subida e descida dos rios em áreas de várzea, queda das folhas ou mesmo dormência podendo ocorrer dois ou mais anéis em um mesmo ano (BOTOSSO; MATTOS, 2002; TOMAZELLO *et al.*, 2001).

Segundo Worbes (1995), a presença de anéis de crescimento são respostas às diferenças no crescimento das árvores, que para regiões temperadas está associada ao inverno, queda brusca de temperatura, e altas altitudes, já para as regiões tropicais os fatores que influenciam na marcação dos anéis de crescimento são os períodos de seca e inundações.

Détienne e Mariaux (1977) estudando a relação da atividade cambial com os períodos chuvosos e secos na floresta tropical africana constataram que houve maior atividade no período chuvoso, entre fevereiro e abril, e repouso nos meses mais secos, entre novembro e dezembro.

Oliveira (2010) em seus estudos de estimação de biomassa lenhosa seca, estoque e sequestro de carbono em Amanã- estado do Amazonas, determinou o incremento radial anual e a densidade da madeira em espécies arbóreas por meio da aplicação da dendrocronologia, onde se mostrou eficaz, com incremento médio radial anual de $6,8 \pm 0,16 \text{ cm.ano}^{-1}$ e densidade entre $0,56 \pm 0,15 \text{ g.cm}^{-3}$, sendo mais rápida que a determinação por parcelas permanentes - que necessitam de um tempo considerável para obtenção de dados - porém indispensáveis para as taxas de mortalidade e recrutamento.

As condições climáticas de parte da região tropical permitem a utilização de métodos dendrocronológicos visando o conhecimento de seu desenvolvimento, contudo, nestas condições os anéis podem ser indistintos. Os anéis de crescimento das árvores são “respostas” às variações do ambiente, devido ao clima, embora o ataque de insetos e outras pragas levam as árvores muitas vezes a desenvolverem falsos anéis de crescimento. Para caracterizar os anéis de crescimento é necessária a avaliação da atividade cambial (WORBES, 1995).

A dendrocronologia utiliza-se de técnicas e métodos para a determinação dos anéis de crescimento, divididos em dois grupos que são: métodos diretos e os métodos indiretos (PALERMO; LATORRACA; ABREU, 2002).

2.8 DENDROCRONOLOGIA E O MANEJO FLORESTAL

A grande biodiversidade das florestas tropicais sempre ganha destaque quando a riqueza dessas florestas é o foco da discussão. Contudo, por sua grande riqueza e diversidade, o manejo florestal sustentável se torna extremamente complexo. Em uma floresta natural, árvores de diferentes espécies, idades e tamanhos coexistem no mesmo terreno, em contraste com florestas equiâneas onde existem distintas áreas com classes de idade homogêneas (BUONGIORNO; GILLESS, 1987).

O atual manejo florestal desenvolvido na Amazônia brasileira é do tipo de regime de rendimento sustentável, no qual se aproveita tão somente o que a floresta é capaz de produzir, ao longo de um determinado tempo, sem comprometer a estrutura natural (HIGUCHI, 1994). Esse tempo é chamado de ciclo de corte que é estabelecido de acordo com as características particulares da floresta (SCOLFORO, 1998).

Scolforo (1998) identifica como pontos limitantes para o desenvolvimento do manejo florestal, com base em uma série de experiências, (i) a necessidade de um conhecimento mais detalhado do crescimento das espécies sob regime de manejo, considerando a intensidade da regeneração natural, a variação do crescimento em diâmetro, as taxas de crescimento e mortalidade, além dos estudos serem por região ou micro - região; (ii) eficiência no processo tecnológico no que diz respeito ao beneficiamento da madeira; (iii) considerar os efeitos da exploração e do transporte de toras sobre a regeneração; e (iv) conhecer a susceptibilidade das espécies florestais às práticas de exploração, visto que o manejo pode causar a manutenção ou não de uma espécie florestal na área manejada. Assim é necessário conhecer melhor a estrutura da floresta e sua composição florística para esclarecer melhor a influência que as intervenções podem causar na manutenção das espécies florestais.

A constante busca para que sejam disponibilizadas técnicas e protocolos para o manejo sustentável das florestas naturais está cada dia mais presente nas demandas estabelecidas por produtores e pela sociedade (BRAZ *et al.*, 2012).

O aprimoramento do manejo de espécies tropicais indica que os tratamentos devem ser direcionados por espécies, ambiente ou região, de acordo com o ritmo de crescimento e potencial de recuperação para novos ciclos de corte. Essas informações de crescimento são obtidas tradicionalmente de monitoramento de parcelas permanentes, mas ainda são escassas, pois demandam muito tempo e recursos (OLIVEIRA, 2010).

Scheeren *et al.* (2003), estudando crescimento e incremento de Canela lageana no estado do Rio Grande do Sul, constataram por meio de estudos dendrocronológicos, que o incremento corrente anual e o volume comercial apresentaram tendência exponencial negativa, demonstrando assim um bom potencial de crescimento.

Os estudos de ciclo e intensidade de corte ainda necessitam de mais resultados para as regiões tropicais, pois estão ligadas a séries históricas de crescimento, obtidas na maioria das vezes por meio de parcelas permanentes (MATTOS *et al.*, 2011).

Schöngart (2008) desenvolveu um novo modelo de manejo florestal para florestas alagáveis de várzea da Amazônia Central, denominado de GOL- *Growth Orientated Logging*, que leva em consideração as diferenças no histórico de crescimento de espécies comerciais com base em suas taxas de crescimento arbóreo provenientes das análises dos anéis de crescimento presentes no lenho da madeira.

Schöngart (2008) determinou por meio do GOL critérios de manejo para espécies, como *Hura crepitans* L., *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. e *Macrolobium acaciifolium* (Benth.) Benth que já foram incluídos na Instrução Normativa n. 009 de 12 de Novembro de 2010, que trata do manejo de espécies de áreas de várzea no estado do Amazonas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de pesquisa está situada no município de Novo Aripuanã, no estado do Amazonas, que faz fronteira com os municípios de Apuí, Borba, Manicoré e o Estado do Mato Grosso. Está distante 227 Km em linha reta de Manaus, capital do estado, com área total de 41.187,694 Km² (IBGE, 2014), inserida no Projeto de Manejo Paquetá, localizado à margem direita do rio Jatuarana, nas coordenadas geográficas de 5°14'25" S e 60°22'0,9" W (Figura 2).

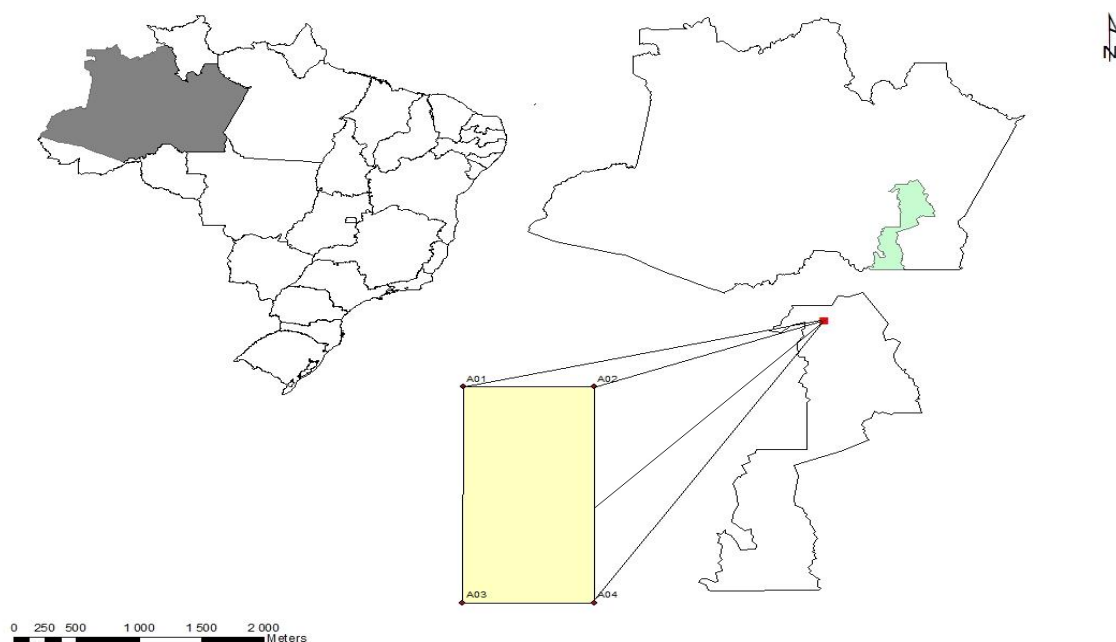


Figura 2. Mapa de localização da área de estudo

O município de Novo Aripuanã está inserido na mesorregião do Madeira, a qual é constituída por cinco municípios: Apuí, Borba, Humaitá, Manicoré e Novo Aripuanã. Juntos, representam aproximadamente 14,07% da área total do estado do Amazonas (SILVA *et al.*, 2010).

Segundo Alvares *et al.* (2014), que construiu um mapa de classificação climática de Köppen para o Brasil com base em dados de precipitação e temperatura de 2.950 estações meteorológicas, definiu que o clima da região de estudo é do tipo

Af (Equatorial Úmido), com temperatura média de 26,7 °C e precipitação de 2.420 mm e o mês mais seco em Agosto com 80 mm de chuvas.

3.1.1 Geologia

A mesorregião do Madeira apresentam as formações geológicas do tipo Aluviões Holocênicos, Terraços Holocênicos, Cobertura Detrito-Laterítica Pleistocênica, Grupo Beneficente, Suite Intrusiva Teles Pires, Complexo Nova Monte Verde, Formação Roosevelt, Suite Intrusiva Canamã, Complexo Jamari, Formação Prosperança, Formação Alter do Chão, Suite Intrusiva Serra da Providência, Cobertura Detrito-Laterítica Paleogênica, Formação Prainha, Grupo Iriri, Grupo Jatuarana, Formação Içá, Formação Palmeiral, Suite Intrusiva Rondônia, Formação Colider, Formação Parauriti, Formação Solimões, Suite Intrusiva Ciriquiqui e Suite Intrusiva Crepori (SILVA *et al.*, 2010; IBGE, 2014).

Segundo Silva *et al.* (2010) o município de Novo Aripuanã apresenta como principais tipos de formações geológica as:

- Formações de Aluviões Holocêntricos: que são formações recentes, lacustre constituído de cascalho, areia, silte e argila;
- Formações Içá: que é o produto da sedimentação pleistocênica, coberta por depósitos eólicos;
- Formações Alter do chão: que é uma sequência Cretácea que corresponde aos depósitos fluviais, preservados em função ao levantamento tectônico andino ou a formação de montanhas na região;
- Formações Detrito-Laterítica: é associada à origem pós-cretácica, com ocorrências conglomeráticas basais, recobertas por camadas de arenitos, argelitos, que compõem mantos de intemperismo profundos com latossolos vermelhos.

3.1.2 Geomorfologia e altitude

A região do Madeira apresenta cerca de 12 unidades geomorfológicas distribuídas nos 5 municípios da região (IBGE, 2014). No município de Novo Aripuanã as tipologias geomorfológicas mais predominantes são: Planície Amazônica, Depressão do Madeira-Canumã e Depressão Roosevelt-Aripuanã (SILVA *et al.*, 2010).

As altitudes dos relevos presentes na região do Madeira variam de 20 a 150 metros de altitude acima do nível do mar. O município de Novo Aripuanã está a uma altitude de 20 metros acima do nível do mar, o mais baixo dos cinco municípios que compõe a região do Madeira (SEGOV, 2014; CNM, 2010).

3.1.3 Solos

De acordo com IBGE (2014), a região do Madeira é formada principalmente por Latossolos e Argissolos. Contudo, também são encontrados solos do tipo Gleissolo, Espodossolo, Aluvial, Litótico, Planossolo, Plintossolo, Areia Quartzosa, Petroplínico, Hidromórficos Indiscriminados, Cambissolo e Afloramento de Rochas.

No município de Novo Aripuanã a maior predominância é de Latossolos Amarelos. Solos classificados como minerais profundos e muito intemperizados, com um horizonte B bem característico, ácidos, pobres em nutrientes e apresentando elevado teor de alumínio trocável (SILVA *et al.*, 2010).

3.1.4 Hidrografia e hidrologia

Segundo o IBGE (2014) a região do Madeira é formada por diversos rios. O rio Aripuanã que é um dos principais rios da região do Madeira, que junto com seus afluentes cobre uma vasta área de floresta e de várzea e é a principal forma de

transporte, fonte de renda e abastecimento da d'água a diversas populações do município de Novo Aripuanã (SILVA *et al.*, 2010).

3.1.5 Vegetação

A vegetação predominante é a Floresta Ombrófila Densa de Dossel Emergente. Outra formação que apresenta ocupação significativa na região é a Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas de Dossel Emergente. O restante é ocupado pela Floresta Ombrófila Aberta Aluvial com Palmeiras (SILVA *et al.*, 2010).

3.2 DADOS DO INVENTÁRIO FLORESTAL

O inventário realizado na área de estudo foi do tipo censo (100%) amostrando todos os indivíduos com diâmetro a 1,3 m (DAP) iguais ou superiores a 40 cm, como previsto na legislação vigente (Resolução CEMAAM Nº 09 de 15 de dezembro de 2011). A área de onde provieram os fustes para a pesquisa, apresenta área total de 205 ha, dividida em três unidades de trabalho (UT), com aproximadamente 16,6 árvores por hectare (≥ 40 cm de DAP), totalizando 3.402 indivíduos.

O regime de manejo desenvolvido na área é do tipo seletivo, com diâmetro mínimo de corte de 50 cm, ciclo de corte de 30 anos e intensidade de corte de 24,74 m³/ha. A estimativa da produção anual foi de 5.084,49 m³/ano com 952 árvores selecionadas para o abate e volume de 76 m³/ha por unidade de trabalho.

As espécies mais frequentes observadas no inventário foram *Erismia uncinatum* Warm., *Triplaris surinamensis* Cham., *Pouteria caimito* (Ruiz & Pav.) Radlk., *Simarouba amara* Aubl, *Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl., *Hymenaea courbaril* L., *Handroanthus serratifolia* (Vahl) S. O. Grose, *Carapa guianensis* Aubl., *Terminalia tanibouca* Sm., *Dipteryx odorata* Willd.. Algumas dessas espécies também foram encontradas por Azevedo *et al.* (2008) no Amapá onde avaliaram o efeito da exploração de madeira e dos tratamentos silviculturais no agrupamento ecológico de espécies.

As variáveis dendrométricas foram obtidas por meio do inventário florestal realizado na área, onde as árvores foram identificadas em campo, obtendo-se os valores da circunferência à altura do peito (CAP) com o uso de uma fita métrica, que posteriormente foram transformados em diâmetro a altura do peito (DAP) e altura total utilizando uma trena (Tabela 1).

Tabela 1 - Dados dendrométricos das amostras coletadas por espécie.

<i>H. courbaril</i>			<i>H. serratifolius</i>		
Árvore	DAP (cm)	Altura (m)	Árvore	DAP (cm)	Altura (m)
1	76,15	26,9	1	83,0	26,0
2	73,25	26,7	2	67,3	23,0
3	77,90	27,1	3	65,0	22,0
4	81,30	27,5	4	59,5	21,0
5	60,50	24,9	5	59,0	21,5
6	66,00	25,7	6	62,8	20,5
7	71,50	26,4	7	64,0	22,5
8	90,45	28,4	8	57,0	19,5
9	91,38	28,4	9	63,0	22,5
10	75,90	27,0	10	58,0	18,0
11	58,10	24,5	11	71,8	22,5
12	61,75	25,1	12	58,8	20,0
13	60,50	24,9	13	57,3	21,0
14	66,25	25,7	14	59,3	20,0
15	67,50	25,9			
16	57,90	24,4			
17	65,50	25,6			

Em que: DAP é o diâmetro a altura do peito com casca.

A região apresenta fisionomia típica de áreas de terra-firme, que não é atingida pelas cheias do rio e também não é constituída por aluviões fluviais recentes (SIOLI, 1985). Apresenta predomínio da Floresta Ombrófila Densa de terras baixas e as inundações estão restritas as porções mais baixas na Floresta Ombrófila Aberta Aluvial.

3.3 COLETA DE MATERIAL PARA ESTUDOS DENDROLÓGICOS

Para a seleção das espécies para o presente estudo foram adotados três critérios:

- (a) Anatomia da madeira: Foram selecionadas espécies que apresentavam anéis de crescimento com características que permitissem a sua identificação descrita na literatura (INSIDEWOOD, 2014; IPT, 2014; WESTBROOK *et al.* 2006).
- (b) Importância econômica: Outro fator levado em conta foi a importância econômica que as espécies apresentam, priorizando aquelas que estão sendo mais exploradas (IPT, 2014; MELO; MENDES, 2005; FERREIRA *et al.* 2004; CORADIN *et al.*, 2010).
- (c) Disponibilidade: Por último, foi avaliado a frequência das espécies na área para se obter um número suficiente de indivíduos para a realização dos estudos dendrocronológicos.

Por serem espécies abundantes na área e apresentar importância econômica para a comunidade, a escolha das amostras respeitou os critérios de manejo praticados atualmente, amostrando-se árvores de diâmetro a altura do peito acima de 50 cm.

As coletas foram realizadas no pátio da empresa Agroana Madeiras, que realiza Manejo Florestal Sustentável na cidade de Novo Aripuanã, localizado na Região Sul do Amazonas, mesorregião do Madeira.

Os fustes são oriundos do manejo florestal sustentável realizado em florestas da empresa e foram coletados o mais próximo da base.

Foram selecionados 17 indivíduos de *Hymenaea courbaril* e 14 de *Handroanthus serratifolius*. Para a seleção buscou-se amostrar o maior número possível de classes diamétricas inventariados. Para *H. courbaril* foram amostradas indivíduos com diâmetro de 57,9 cm a 91,4 cm, já para *H. serratifolius* foram amostrados indivíduos com diâmetros de 57,0 cm a 83,0 cm (Tabela 1).

Posteriormente as amostras de discos foram levadas para o Laboratório de Dendroecologia do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia- INPA, onde foram submetidas à secagem em temperatura ambiente, para evitar rachaduras. Em seguida, os discos foram submetidos ao processo de nivelamento da superfície,

utilizando plaina elétrica seguido de um polimento sucessivo com lixas de diferentes granulometrias (80 a 1200 g/cm²) (Figura 3).

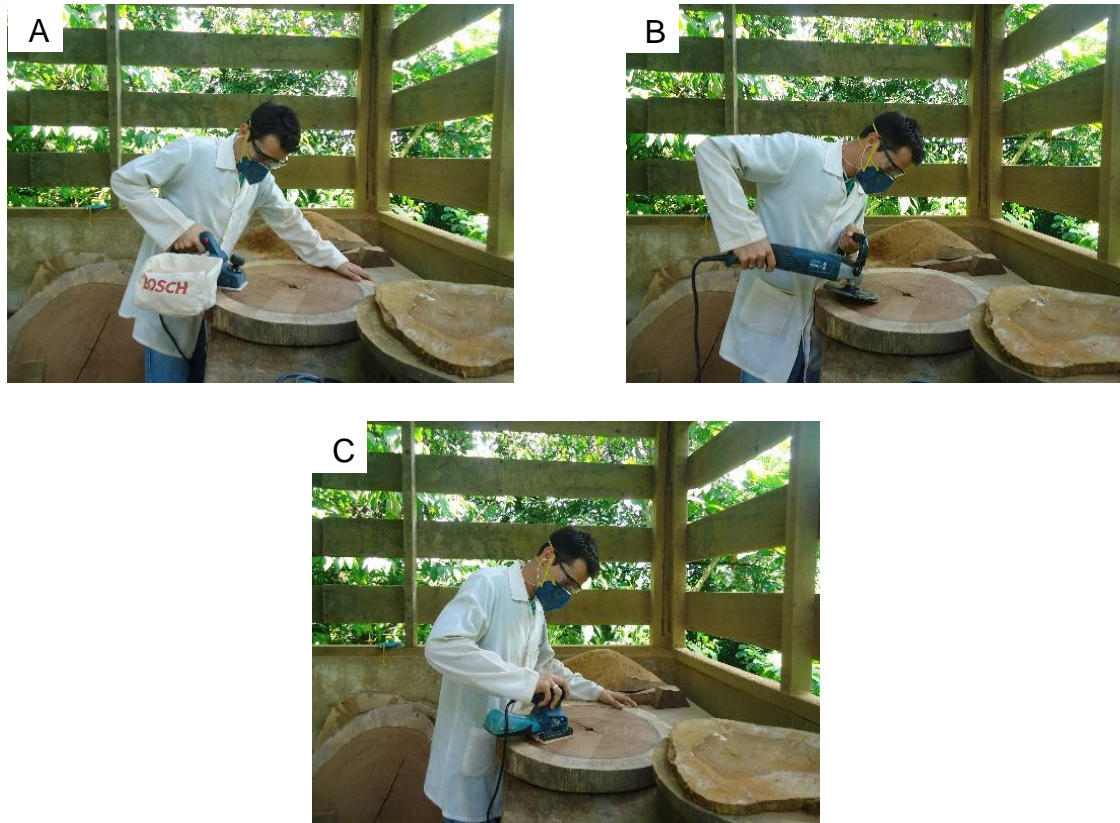


Figura 3. Preparação das amostras para análises dendrocronológicas. (A) Processo de nivelamento da superfície; (B) Processo de lixamento; (C) Processo de polimento da superfície da madeira.

3.4 CARACTERÍSTICAS DAS ESPÉCIES

3.4.1 *Hymenaea courbaril* L.

O gênero *Hymenaea* compreende aproximadamente 15 espécies tropicais americanas. Fornecem madeira com boas propriedades para diversos usos, resinas valiosas, frutos comestíveis e cascas taníferas (RIZZINI, 1979).

A *H. courbaril* pertence à família Fabaceae sub-família Caesalpinioideae. Popularmente essa espécie é conhecida como jatobá, jutaí, jutaí-açu, jutaí-bravo,

jutaí-grande, jataí, jataí-açu, jataí-grande, jataí-peba, jataí-uba, jataí-uva, jataíba, jataúba, jatioba, jatiúba, jupati, copal, dentre outros (MELO; MENDES, 2005; CORADIN *et al.*, 2010; CARRERO, 2014).

Outras espécies do gênero *Hymenaea* podem ser conhecidas pelos mesmos nomes comuns, com características muito semelhantes que por vezes são comercializadas sem distinção. Podem ser diferenciadas por meio de algumas características como: casca, quantidade de folíolos, nervuras secundárias, forma dos frutos e sementes (MELO; MENDES, 2005; CORADIN *et al.*, 2010).

Segundo Vieira *et al.* (2005) *H. courbaril* é considerada como espécie de dossel, enquanto Azevedo *et al.* (2008) classificaram a espécie como sendo emergente climáticas. Geralmente atinge de 30 a 45 m de altura total com diâmetro à altura do peito de até 2 m. A casca é lisa de coloração cinza a ou castanho acinzentada, possui espessura de até 3 cm e coloração interna marrom-avermelhada. Suas folhas são compostas, bifolioladas com disposição alterna, com folíolos de margem inteira, glabra e coriácea, com nervura central proeminente e secundárias planas na face abaxial (MELO; MENDES, 2005; CORADIN *et al.*, 2010).

As flores são actinomorfas, hermafroditas, unicarpelares e uniloculares, estando dispostas em panículas terminais, as 4 sépalas são verde-cremes, as 5 pétalas são brancas a creme alaranjadas. O fruto é uma vagem indeiscente, lenhosa, glabra, oblonga a cilíndrica, que mede 8 a 15 cm de comprimento. O exocarpo é espesso e vermelho-escuro. O endocarpo é farináceo, adocicado e amarelo-claro (MELO; MENDES, 2005; CORADIN *et al.*, 2010).

As sementes, em número de 2 a 6 por fruto ou mais, apresentam formato obovoide a elipsóide, medindo 1,8 a 2,8 cm de comprimento e 1,4 a 2,0 cm de largura (MELO; MENDES, 2005; CORADIN *et al.*, 2010).

A madeira de *H. courbaril* apresenta alta densidade básica ($0,96 \text{ g.cm}^{-3}$) (COSTA, 2012), cerne vermelho a castanho - avermelhado, alburno branco-acinzentado, grã regular a irregular e textura média a grossa. Apresenta poros difusos com anéis de crescimento distintos, individualizados pela presença de parênquima marginal (WESTBROOK *et al.*, 2006; TREVISOR, 2011).

O caule exsuda resina rica em terpenos, conhecida popularmente por jutaicaica ou copal-da-américa, que pode ser utilizada na fabricação de vernizes. É muito utilizada na construção civil, marcenaria, peças torneadas, instrumentos musicais e laminados. O fruto pode ser consumido “in natura”, também é muito utilizado para a

preparação de farinhas, doces e bebidas, ou ainda para a alimentação de animais (MELO; MENDES, 2005; CORADIN *et al.*, 2010; CARRERO *et al.*, 2014).

A casca e a seiva do tronco são utilizadas na fitoterapia popular. A espécie também apresenta características para monocultura ou sistemas agroflorestais, visando a recuperação de áreas degradadas (MELO; MENDES, 2005; CORADIN *et al.*, 2010).

No Brasil *H. courbaril* pode ser encontrada nos biomas, Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal. No Amazonas, encontra-se nas matas de terra firme, cujo o solo é argiloso e nas várzeas altas (RIZZINI, 1979; MELO; MENDES, 2005).

Segundo Melo e Mendes (2005), a espécie ocorre desde o sul do México até grande parte da América do Sul incluindo o Brasil, Guiana Francesa, Suriname, Guiana, Venezuela, Colômbia, Peru e Bolívia.

Ainda segundo os autores *H. courbaril* é encontrada em altitudes de até 900 metros acima do nível do mar, preferencialmente em solos arenosos e argilosos bem drenados e de terra firme e em várzeas altas, raramente em campos abertos.

Alguns estudos dendrocronológicos vêm sendo desenvolvido para *H. courbaril* como, por exemplo, os estudos de Westbrook *et al.* (2006) que comprova a anualidade dos anéis de crescimento de *H. courbaril* por meio da datação por radiocarbono.

Locosselli (2010) avaliou por meio de análises dendrocronológicas a anatomia e isótopos estáveis para a identificação dos efeitos da elevação dos níveis de CO₂ na atmosfera e mudanças climáticas bem como para a determinação da anualidade dos anéis de crescimento.

Lopez *et al.* (2012) realizaram estudos de crescimento diamétrico para *H. courbaril* em bosques secos tropicais para servir de suporte ao manejo florestal sustentável no cerrado boliviano.

Luchi (1998) investigou o crescimento periódico de *H. courbaril* no estado de São Paulo usando o método de ferimento cambial, onde foi possível determinar que o crescimento da espécie é anual, ou seja, possui anéis de crescimento anuais, desencadeado pelo déficit hídrico e a camada de parênquima é definida como terminal, pois é formado durante o período seco.

3.4.2 *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O. Grose

O *H. serratifolius* pertence à família Bignoniaceae. Popularmente essa espécie é conhecida como ipê, ipê - amarelo, ipê - do - cerrado, ipê - ovo - de-macuco, ipê - pardo, ipê-tabaco, ipê - uva, pau d'arco, pau-d'arco-amarelo, piúva - amarela, opa e tamurá - tuíra. (FERREIRA *et al.*, 2004; CORADIN *et al.*, 2010; CARRERO *et al.*, 2014), também comumente conhecida por *Tabebuia serratifolia*.

Outras espécies do gênero podem apresentar flores amarelas, contudo podem ser diferenciadas se observadas algumas características como: flores coexistindo com as folhas adultas, folíolos adultos, revestimento dos frutos, altura, pecíolos e disposição do tronco (FERREIRA *et al.*, 2004).

H. serratifolius é classificada por Vieira *et al.* (2005) como uma espécie emergente, já para Azevedo *et al.* (2008) é uma espécie de dossel médio podendo atingir altura total de 5 a 25 m. O tronco é cilíndrico reto podendo medir entre 20 a 90 cm de diâmetro e a copa 3 a 8 m de diâmetro. A casca é pardo-acinzentada, fissurada com desprendimento em pequenas placas. As folhas são opostas, digitadas e 5-folioladas. Os folíolos são oblongos, ovais a lanceolados, com ápice acuminado e base arredondada, apresentam consistências membranáceas a subcoriáceas, superfície glabra em ambas as faces.

As flores são hermafroditas, livres ou tríades curtamente pedunculadas, disposta em conjunto umbeliformes. O cálice e a corola apresentam estrutura tubular com cinco lóbulos. A corola apresenta coloração amarelo - dourada medindo de 6 a 8 cm de comprimento. O cálice apresenta coloração esverdeada e ligeiramente pubescente. O fruto é uma vagem, septícida, coriácea, glabra, linear. As sementes são numerosas de formato retangular, laminares, leves, com duas asas hialinas e curtas (FERREIRA *et al.*, 2004).

A madeira do *H. serratifolius* apresenta alta densidade ($0,98 \text{ g.cm}^{-3}$), com coloração castanho - acinzentado, grã direita, textura fina, cheiro imperceptível. As camadas de crescimento são classificadas como pouco distintas, evidenciadas por zonas fibrosas mais escuras e menor concentração de poros. Os poros são difusos, solitários e múltiplos, geralmente obstruídos por substância de coloração amarela. O parênquima axial é do tipo aliforme losangular (FERREIRA *et al.*, 2004; TREVISOR, 2010; IPT, 2014).

É moderadamente difícil de ser processada, contudo apresenta secagem rápida e fácil. É empregada em marcenaria, construções pesadas e estruturas externas, em mobiliário de alta qualidade, artigos de esporte e brinquedos e instrumentos musicais ou parte deles (FERREIRA *et al.*, 2004; TREVISOR, 2010; IPT, 2014; CARRERO *et al.*, 2014). Outro uso muito constante de *H. serratifolius* é no paisagismo e arborização, devido as suas flores vistosas amarelas.

No Brasil *H. serratifolius* está amplamente distribuída podendo ser encontrada nos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Bahia, Espírito Santo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraná, Rio Grande do Sul, Rondônia e São Paulo.

Diversos trabalhos dendrocronológicos podem ser encontrados para o gênero em diversos ambientes (MATTOS; SEITZ; SALIS, 2004; LISI *et al.*, 2008; MATTOS; SEITZ, 2008; LEITE, 2012). Para *H. serratifolius* pode se destacar os trabalhos de Schulze *et al.* (2008) que avaliaram o crescimento, efeito da exploração convencional e manejo florestal sustentável em uma floresta de terra firme do estado do Pará.

3.5 RECONHECIMENTO DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO

A identificação das estruturas anatômicas presentes no lenho das espécies foi realizada seguindo a classificação descrita pelo comitê IAWA (1989).

Para auxiliar a identificação das estruturas definidas pelos autores, utilizou-se um microscópio estereoscópio com aumento máximo de 40 vezes.

3.6 MEDIÇÃO DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO

A obtenção da idade foi feita pela contagem direta dos anéis anuais de crescimento. A medição da largura dos anéis de crescimento, e definição das taxas de incremento radial foram elaboradas por meio de um sistema de análise (Figura 4) com precisão de 0,01 mm (Lintab 5), associado ao software TSAP-Win™ Scientific (*Time Series Analysis and Presentation*). Em cada seção foram medidos dois raios.



Figura 4. Mesa Lintab 5 para a medição dos anéis de crescimento por meio do software TSAP WinTM Scientific

3.7 MODELAGEM DO CRESCIMENTO

Para a modelagem do crescimento das espécies foi utilizado um novo conceito para sistemas de manejo desenvolvido por Schöngart (2008), denominado GOL (*Growth - Oriented Logging*). Este modelo foi desenvolvido para espécies tropicais baseado em critério específico por espécie, definindo diâmetros de corte e ciclos de corte.

Para a definição do diâmetro mínimo de corte - DMC e ciclo de corte - CC pelo modelo GOL primeiramente é necessário a construção de curvas cumulativas individuais em diâmetro para cada espécie que tem por base as medições do incremento corrente em diâmetro e relacionadas com o diâmetro a altura do peito - DAP medido em campo (BRIENEN; ZUIDEMA, 2007; SCHÖNGART *et al.*, 2007) que permite a construção de curvas cumulativas em diâmetro e uma curva média para cada espécie (SCHÖNGART *et al.*, 2007), a qual descreve a relação DAP e idade. A curva média de cada espécie é então ajustada por meio de regressão não linear.

Modelos de regressão não linear também são usados para descrever a relação DAP e altura total medida no campo, dados obtidos do inventário florestal realizado na área de pesquisa, permitindo a definição da relação altura - idade (SCHÖNGART *et al.*, 2007; SCHÖNGART, 2008).

O DMC é definido na idade com a maior taxa de incremento corrente em volume obtido por equações volumétricas (Tabelas 2 e 3). A partir da definição do DMC é

obtido o CC que é calculado pelo tempo médio que as espécies levam para passar por classe diamétricas de 10 cm até atingir o DMC específico (SCHÖNGART, 2008).

3.7.1 Crescimento em diâmetro

A modelagem do crescimento em diâmetro foi realizada a partir dos dados gerados nas medições diamétricas em todas as árvores amostradas para cada espécie. As taxas de incremento foram medidas nas seções transversais, no sentido da medula para a casca, sendo acumuladas para formar curvas de crescimento individuais, obtendo assim um diâmetro em cada idade que posteriormente foi ajustado ao DAP medido em campo, visto que os discos foram extraídos o mais próximo da base.

A curva média de crescimento em diâmetro cumulativo descreveu a relação entre o diâmetro e a idade para cada espécie.

Posteriormente, as idades, obtidas pela contagem direta dos anéis de crescimento, foram relacionadas com o DAP correspondente de vários indivíduos de cada espécie.

A relação entre diâmetro (variável independente) e idade (variável dependente) foi definida usando uma função sigmoideal (regressão não linear) tendo o diâmetro como variável dependente (equação (1)).

$$d = \frac{\beta_0}{1 + \left(\frac{\beta_1}{idade}\right)^{\beta_2}} \quad (1)$$

Em que:

d = diâmetro a 1,3 m do solo (cm).

β_0 , β_1 e β_2 são coeficientes obtidos no ajuste da regressão não linear.

3.7.2 Crescimento em altura

O crescimento em altura foi estimado pela relação entre a altura total e o DAP medidos em campo ajustados por um modelo de regressão não-linear (SHÖNGART *et al.*, 2007; SCHÖNGART, 2008), conforme equação (2).

$$H = \left(\frac{d \cdot \beta_0}{d + \beta_1} \right) \quad (2)$$

Em que:

H = altura total (m)

β_0 e β_1 são coeficientes obtidos no ajuste da regressão não linear;

d = diâmetro a 1,3 m do solo (cm).

A relação entre altura e idade possibilitou construir as curvas de incremento corrente anual e incremento médio anual em altura em função da idade de cada árvore e consequentemente a idade média de cada espécie (SCHÖNGART *et al.*, 2007; SCHÖNGART, 2008).

Todos os modelos de crescimento em diâmetro foram ajustados por meio do software *Xact* (SciLab), sendo avaliados pelo coeficiente de correlação de Pearson, que segundo Pocinho (2009) define o grau de semelhança no sentido das variações entre os valores de correspondentes dos dois caracteres, ou seja, a correlação preocupa-se com a descrição da relação entre variáveis e com sua direção.

3.7.3 Volume

Para a determinação do volume de madeira foram utilizados diferentes modelos com um ou dois parâmetros desenvolvidos para espécies de floresta de terra firme da Amazônia brasileira.

Para *H. courbaril* utilizou-se dois modelos desenvolvidos especificamente para a espécie em florestas de terra firme testados por Silva *et al.* (1984) que avaliaram equações de volume para árvores de *H. courbaril* abatidas na exploração florestal de uma área experimental de terra firme de 64 hectares pertencentes à Floresta Nacional do Tapajós no estado do Pará (Tabela 2).

Para *H. serratifolius* foram utilizados dois modelos desenvolvidos para um grupo de espécies em ambientes de terra firme da Amazônia brasileira, tendo em vista que não se encontrou modelos específicos para a espécie na região de estudo, testados em sítios similares ao presente estudo.

Deste modo, os modelos utilizados para *H. serratifolius* foram os definidos por Lima (2010) que avaliou o estoque de madeira e carbono, em áreas manejadas e não manejadas do estado do Amazonas, testando diversos modelos de volume para espécies de terra firme (Tabela 3).

Tabela 2 - Equações alométricas para estimar o volume de madeira de *H. courbaril*.

Nº Equação	Equações	R ²	NºArv.	Referência
1	$Ln(v) = -6,83062 + 2,07904Ln(d)$	0,96	50	Silva <i>et al.</i> (1984)
2	$Ln(v) = -8,79752 + 2,05032Ln(d) + 0,62589Ln(h)$	0,97	50	Silva <i>et al.</i> (1984)

Em que: d é o diâmetro a altura do peito com casca; h é altura total; v= volume de madeira.

Tabela 3 - Equações alométricas para estimar o volume de madeira de *H. serratifolius*

Nº Equação	Modelo	R ²	NºArv.	Referência
1	$v = 0,00148 d^{1,89155}$	0,82	206	Lima (2010)
2	$v = 0,00118 d^{1,99868}$	0,89	203	Lima (2010)

Em que: d é o diâmetro a altura do peito; v= volume de madeira.

As taxas de incremento corrente anual (ICA) e o incremento médio anual (IMA), foram derivadas do crescimento cumulativo (CrC) em diferentes anos (t) (SCHÖNGART *et al.*, 2007; 2011). Para tal foram utilizadas as equações (4) e (5).

$$ICA = CrC_{(t+1)} - CrC_{(t)} \quad (4)$$

Em que:

ICA = Incremento corrente anual em diâmetro, altura total e volume,

CrC = Crescimento cumulativo à diferentes anos,
t = Idade num determinado ano.

$$IMA = \frac{CrC(t)}{t} \quad (5)$$

Em que:

IMA = Incremento médio anual para diâmetro, altura total e volume,
CrC = Crescimento cumulativo até uma determinada idade t,
t = Idade num determinado ano.

3.7.4 Definição do diâmetro mínimo de corte e do ciclo de corte

O diâmetro mínimo de corte (DMC) foi considerado à idade em que houve a maior taxa de incremento corrente anual em volume (ICA), obtido por meio da equação (4), para cada um dos modelos de volume (Tabela 2 e 3). De posse desta idade, aplicou-se a equação (1) para derivar o DAP correspondente ao DMC (SCHÖNGART, 2008).

Com a definição do DMC foi possível obter o ciclo de corte (CC) de cada espécie, verificando-se tempo médio que as espécies levam para passar por classes diamétricas de 10 cm, até atingir o DMC específico (SCHÖNGART, 2008). O ciclo de corte foi definido pela equação (6).

$$CC = \frac{idade_{(DMC)}}{DMC \times 0,1} \quad (6)$$

Em que:

CC = Ciclo de corte (anos)
DMC = Diâmetro mínimo de corte (cm),
0,1 = Classes de 10 cm.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DESCRIÇÃO ANATÔMICA

Seguindo a classificação do IAWA (1989), *H. courbaril* foi classificada como espécie com anéis de crescimento delimitados por faixa de parênquima marginal (Figura 5 A). Já a espécie *H. serratifolius* foi classificada com anéis de crescimento de anéis delimitados por três tipos de estruturas que são (Figura 5 B), diferença na densidade do lenho inicial e do lenho tardio na madeira; faixas de parênquimas em toda a seção transversal apresentando poucas fileiras de células; e apresenta uma maior concentração de vasos no lenho inicial do que no lenho tardio (Tabela 4).

H. courbaril apresentou anéis de crescimento distintos delimitado por anéis de crescimento demarcados por parênquima axial marginal (WESTBROOK *et al.*, 2006; TREVISOR, 2011). Já *H. serratifolius* apresentou anéis de crescimento pouco distintos.

Tabela 4 - Tipo de zona de crescimento encontrados e o nível de distinção dos anéis de crescimento, segundo IAWA (1989).

Espécie	Família	Tipo de zona de crescimento	Fenologia foliar*	Grau de distinção dos anéis
<i>Handroanthus serratifolius</i>	Bignoniaceae	Diferença na densidade do lenho inicial e tardio. Presença de parênquima axial na seção transversal. E maior presença de vasos no lenho inicial do que no lenho tardio.	Decídua	Anéis pouco distintos
<i>Hymenaea courbaril</i>	Fabaceae-Caesalpinioideae	Faixa marginal de parênquima	Perenifolia	Anéis bem distintos

*(Fenologia descrita por Ferreira *et al.*, 2004; Melo; Mendes, 2005)

À medida que se aproximava da medula dos discos a distinção dos anéis diminuía devido o estreitamento dos anéis de crescimento, contudo essa característica não inviabilizou as análises, conforme também constatado por Brien e Zuidema (2006).

A presença de falsos anéis, anéis descontínuos e ausentes, foi observada nas árvores de *H. courbaril*, contudo este problema foi solucionado observando a continuidade dos anéis de crescimento ao longo dos raios no disco. As maiores dificuldades para a identificação e definição dos limites dos anéis de crescimento das duas espécies foram: presença de fungos, formato excêntrico dos discos, presença de falsos anéis e anéis descontínuos e ausência de medula (Figura 6).

Segundo Worbes (1999), a presença ou não dos anéis de crescimento estão diretamente ligados aos fatores de estresse climáticos que induzem a dormência cambial nas árvores. Essa diminuição da atividade cambial é refletida por zonas mais escuras no lenho das árvores. Ainda segundo esse autor, em regiões tropicais o principal indutor da formação de anéis de crescimento anuais é a variação na precipitação.

A comprovação da anualidade dos anéis de crescimento para espécies arbóreas da Amazônia é de suma importância, pois permite a reconstrução climática, análises ecológicas, identificar alterações naturais, a dinâmica da população bem como conhecer a idade das populações e seu ritmo de crescimento (FRITTS, 1976; WORBES, 1995; 2002).

Desta maneira, a correta descrição dos elementos anatômicos e delimitação dos anéis de crescimento são de grande importância para os estudos dendrocronológicos fornecendo ainda, ferramentas que auxiliam em melhores estratégias de manejo florestal a nível de espécie (SCHÖNGART, 2008).

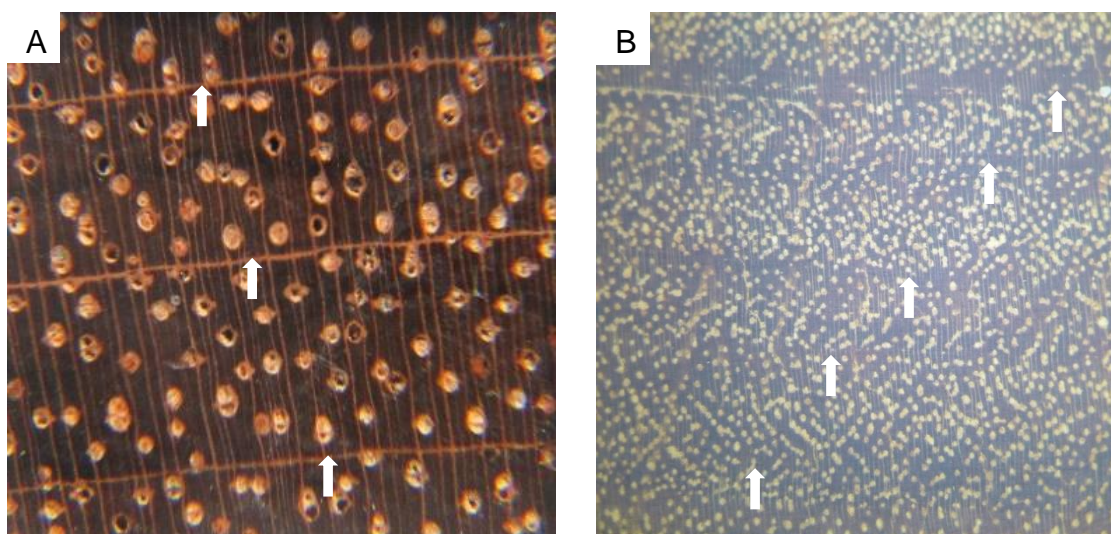


Figura 5. Corte transversal evidenciando os anéis de crescimento. (A) *H. courbaril*. (B) *H. serratifolius*.

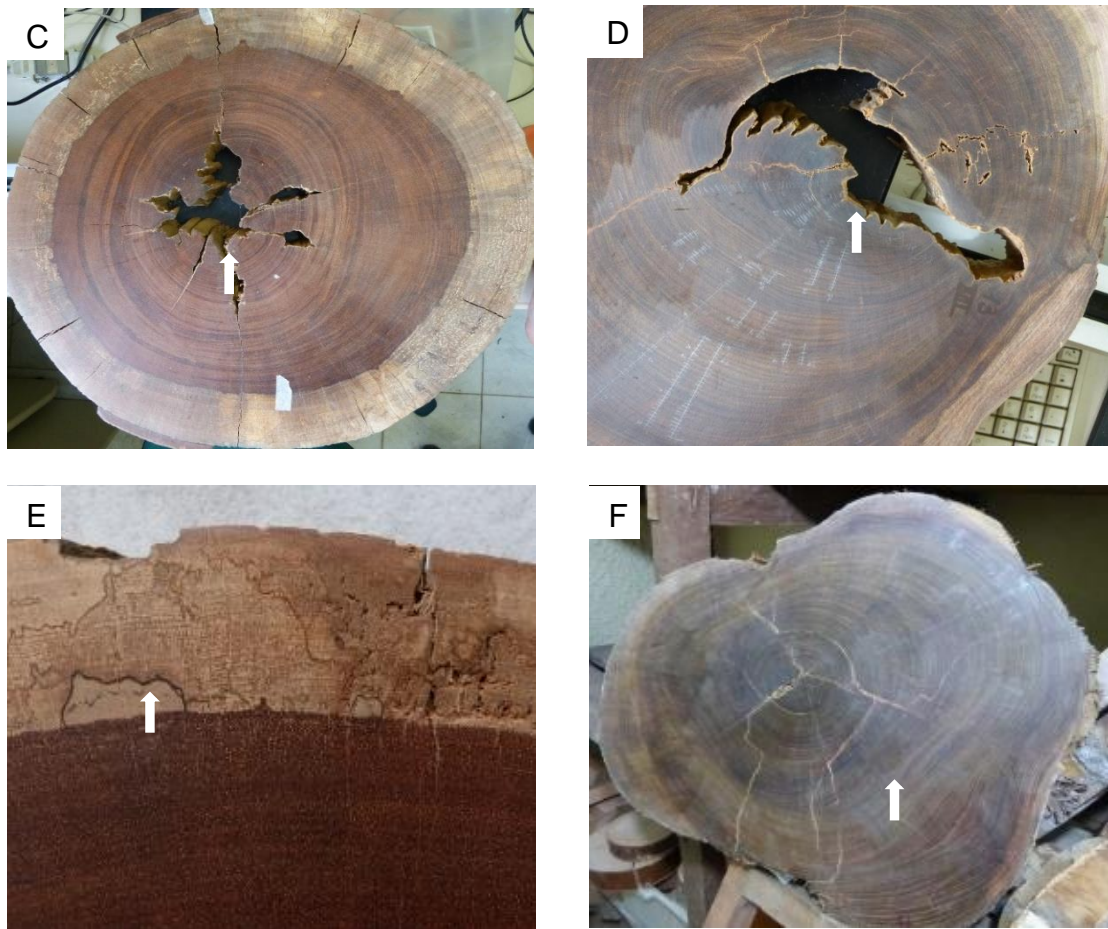


Figura 6. Discos de *H. courbaril* e *H. serratifolius* com indicações das dificuldades encontradas a determinação dos limites dos anéis. (C) e (D) Ausência de medula; (E) e (F) Formato excêntrico; Presença de falsos anéis e fungos.

4.2 DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS

Na Tabela 5 são descritas as características dendrométricas das espécies. Verifica-se que *H. courbaril* apresentou as maiores idades, DAP e altura total em relação a *H. serratifolius*. Contudo, o incremento em diâmetro de *H. courbaril* foi menor que os apresentados por *H. serratifolius* o que pode ser devido à plasticidade das espécies.

Tabela 5 - Descrição das características dendrométricas de *H. courbaril* e *H. serratifolius*.

Variáveis	<i>H. courbaril</i>				<i>H. serratifolius</i>			
	Mínimo	Média	Máximo	s	Mínimo	Média	Máximo	s
Idade (anos)	138	185	241	30,7	105	152	194	22,4
DAP (cm)	57,9	70,7	91,4	10,4	57	63,3	83	7,1
Altura total (m)	25	26	28	1,26	18	21	26	1,92
Incremento diamétrico (cm.ano ⁻¹)	0,31	0,39	0,47	0,047	0,36	0,41	0,55	0,055

s= Desvio padrão da amostra.

Vieira *et al.* (2005) avaliando, por meio de análises de radiocarbono, a idade de *Hymenaea courbaril* em sítios de terra firme na Amazônia brasileira, encontraram indivíduos com idades variando de 190 a 280 anos.

Locosselli (2010), analisando as idades de árvores de *Hymenaea courbaril* em Minas Gerais, por meio de análises de anéis de crescimento, encontrou indivíduos com idade de 41 a 119 anos com diâmetro de 11 a 65 cm.

O conhecimento da idade de indivíduos arbóreos de florestas tropicais é considerado de grande importância para o uso sustentável. Atualmente os modelos de idade e crescimento utilizados têm como base dados provenientes de parcelas permanentes, que utiliza medidas repetidas de um curto espaço de tempo. Esses modelos utilizam taxas médias de crescimento em diâmetro o que desconsidera a variação do crescimento entre as espécies (BRIENEN; ZUIDEMA, 2007).

Segundo Brien e Zuidema (2006), uma fonte importante, mas que ainda é mal quantificada nos modelos de crescimento da floresta é a simples variação nas taxas de crescimento em diâmetro entre as árvores. Essas diferenças se acumulam com o passar do tempo e podem causar estimativas não realistas, subestimando as taxas de crescimento e superestimando a idade das árvores bem como o rendimento futuro.

Segundo Brien e Zuidema (2006; 2007), a modelagem do crescimento por meio de análises dendrocronológica apresenta estimativas mais precisas da idade e das taxas de crescimento individual, pois prioriza indivíduos que se encontram no dossel proporcionando dados de crescimento em diâmetro mais realista e representativo das árvores.

4.3 CURVAS DE CRESCIMENTO EM DIÂMETRO

As espécies avaliadas apresentaram diferenças na idade média ao atingir 50 cm de DAP. *H. courbaril* atingiu 50 cm de DAP com idade média de 114 anos com desvio padrão de 18 anos e *H. serratifolius* atingiu esse diâmetro com idade média de 117 anos e desvio padrão de 15 anos.

Essa diferença também foi observada por Schulzel (2003) avaliando 8 espécies de floresta de terra - firme na FLONA do Tapajós, identificando que essas diferenças podem ser explicadas pela porcentagem de iluminação que as espécies receberam em suas copas, disponibilidade de nutrientes, competição e genética de cada espécie.

As curvas de crescimento cumulativo em diâmetro apresentaram diferenças, tanto intra como interespecífica (Figura 7). Essa variação é explicada por diversos autores (WHITMORE, 1990; SCHÖNGART *et al.*, 2006; BRIENEN e ZUIDEMA, 2006; 2007; ROSA, 2008).

Esses autores afirmaram que essa variação pode ser atribuída a uma série de fatores que atuam conjuntamente, como por exemplo, a intensidade de luz, a quantidade de água disponível, a forma e tamanho da copa bem como danos e ataque de fitopatógenos.

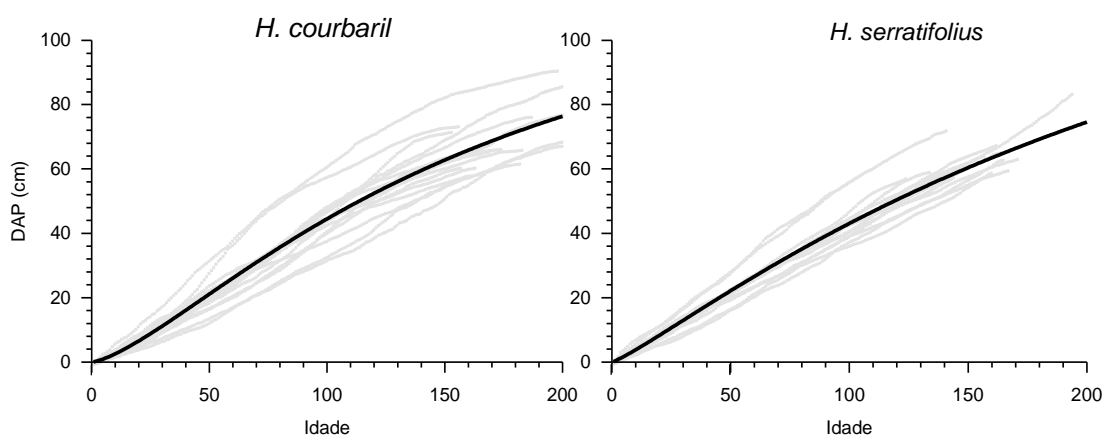


Figura 7. Relação entre o crescimento em DAP e idade dos indivíduos de *H. courbaril* e *H. serratifolius*. As linhas cinzas representam o crescimento individual de cada amostra, e a linha preta representa o crescimento médio das espécies ajustado pelo modelo.

Na Tabela 6 são apresentados os valores dos ajustes da relação DAP-idade. As espécies apresentaram correlação significativa ($r=0,93$ e $p < 0,001$) para *H.*

courbaril e para *H. serratifolius* ($r=0,95$ e $p < 0,001$), com erros padrão da estimativa de 15,8% para *H. courbaril* e 12,7% para *H. serratifolius* o que indica que há pouca variação no crescimento.

É possível observar ainda que a medida que ocorre um aumento no diâmetro das árvores aumenta a variação da idade (Figura 7). Segundo Brienen e Zuidema (2006), essa característica pode estar relacionada com as variações que essas árvores apresentaram durante a passagem pelas classes diamétricas menores (< 20 cm) bem como pelas mudanças na estrutura da floresta ao longo do seu ciclo de vida, o que pode favorecer o estabelecimento de umas e retardar o estabelecimento de outras

Tabela 6 - Coeficientes dos ajustes e estatística da relação DAP - idade de *H. courbaril* e *H. serratifolius*.

Espécie	Equações	r (p<0,001)	Syx%
<i>H. courbaril</i>	$d = (134,84 / 1 + (165,47 / idade)^{1,41})$	0,93	15,8
<i>H. serratifolius</i>	$d = (182,58 / 1 + (275,23 / idade)^{1,16})$	0,95	12,7

Syx%= Erro padrão da estimativa em porcentagem.

r= Coeficiente de correlação; p=Nível de significância.

Rosa (2008) analisou o crescimento arbóreo de quatro espécies de florestas alagáveis de várzea da Amazônia Central, encontrando variação entre 25 a 80 anos, para que indivíduos da mesma espécie atingissem um diâmetro de 50 cm.

A alta correlação apresentada (Tabela 6), para a relação DAP – idade entre as duas espécies avaliadas reafirma que a análise dos anéis anuais da madeira é uma boa fonte para o desenvolvimento de técnicas de manejo sustentáveis em florestas tropicais (BRIENEN e ZUIDEMA, 2006; SCHÖNGART *et al.*, 2007).

H. courbaril e *H. serratifolius* apresentaram taxa de incremento diamétrico médio de 0,39 cm.ano⁻¹ e 0,41 cm.ano⁻¹, respectivamente, atingindo taxa máxima de incremento diamétrico corrente nas idades de 47 anos e 30 anos, respectivamente (Figura 8).

Resultados semelhantes foram encontrados por Silva *et al.* (1995), com incremento médio em diâmetro variando entre 0,3 e 0,4 cm.ano⁻¹ para 32 espécies comerciais em floresta de terra firme da Amazônia brasileira. Fonseca *et al.* (2009) avaliaram o crescimento de *Tabebuia barbata* e *Vatairea guianensis* em florestas alagáveis de várzea e igapó. Encontraram incrementos médios em diâmetro de 0,17

$\pm 0,05 \text{ cm.ano}^{-1}$ para *T. barbata* no igapó e de $0,29 \pm 0,1 \text{ cm.ano}^{-1}$ na várzea, enquanto para *V. guianensis* encontraram incrementos médios em diâmetro de $0,23 \pm 0,07 \text{ cm.ano}^{-1}$ para árvores do igapó e de $0,36 \pm 0,15 \text{ cm.ano}^{-1}$ para árvores da várzea.

Leite (2012) observou em duas espécies do gênero *Tabebuia* no pantanal incremento médio anual de $0,32 \text{ cm.ano}^{-1}$ e $0,33 \text{ cm.ano}^{-1}$.

Em contrapartida, Lisi *et al.* (2008), analisando a formação e o incremento periódico de espécies nativas e plantadas no estado de São Paulo, encontraram incremento diamétrico médio superior para as espécies *Tabebuia serratifolia*, com $0,49 \text{ cm.ano}^{-1}$, e *Hymenaea courbaril*, com $0,64 \text{ cm.ano}^{-1}$.

Apesar da densidade das espécies serem elevadas, as taxas de incremento observadas foram baixas ($0,39 \text{ cm.ano}^{-1}$ e $0,41 \text{ cm.ano}^{-1}$).

Padrão semelhante foi encontrado por outros pesquisadores como é o caso de Rosa (2008) que avaliando o crescimento de quatro espécies de várzea da Amazônia, encontrou para *Sterculia elata* e *Hura crepitans*, espécies de densidade básica de $0,47$ e $0,39 \text{ g.cm}^{-3}$, respectivamente, incrementos elevados ($1,26$ e $1,29 \text{ cm.ano}^{-1}$), enquanto que para *Cedrela odorata* e *Ocotea cymbarum*, espécies de densidade básica de $0,52$ e $0,60 \text{ g.cm}^{-3}$, respectivamente, obtiveram incrementos baixos ($0,52$ e $0,60 \text{ cm.ano}^{-1}$).

Esse padrão inverso também foi encontrado por Schöngart *et al.* (2007) avaliando o crescimento de *Ficus insipida* na Amazônia Central, espécie de baixa densidade ($0,34 \text{ g.cm}^{-3}$) que apresentou um incremento em diâmetro elevado (4 cm.ano^{-1}).

Deste modo, os resultados obtidos ratifica a afirmação que quanto maior a densidade da madeira menor será o incremento médio em diâmetro (WORBES *et al.*, 1992; SCHÖNGART, 2003; 2008).

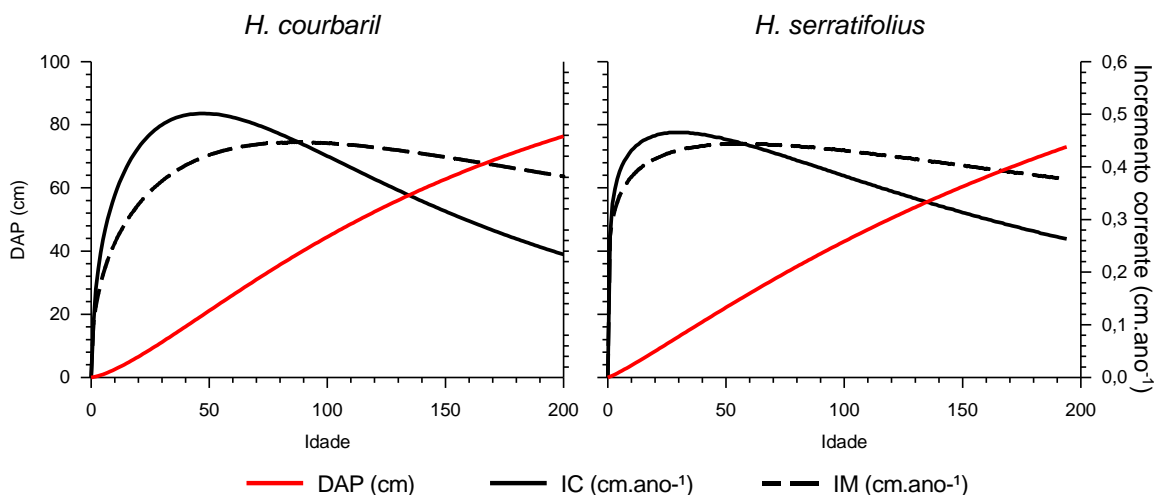


Figura 8. Curva de crescimento em diâmetro a altura do peito (DAP) de *H. courbaril* e *H. serratifolius*. Linha vermelha crescimento cumulativo em DAP, linha preta representa o incremento corrente anual em diâmetro e a linha tracejada representa o incremento médio em diâmetro.

4.4 CURVAS DE CRESCIMENTO EM ALTURA

A Tabela 7 apresenta os valores dos coeficiente dos ajustes e estatística da relação Altura total e DAP. Esta relação apresentou correlação significativa com $r = 0,51$ e $p < 0,001$ para *H. courbaril* e $r = 0,79$ e $p < 0,001$ para *H. serratifolius* e erro padrão da estimativa de 9,9% para *H. courbaril* e 8,9% para *H. serratifolius* (Figura 9). A altura total média para *H. courbaril* foi de 23,67 m e de 20,56 m para *H. serratifolius*.

Soares *et al.* (2011), avaliando diferentes equações hipsométricas para onze espécies nativas no município de Viçosa, Minas Gerais, encontraram resultados semelhantes, com altura média de 26,3 m para *Hymenaea courbaril* e de 16,8 m para *Tabebuia serratifolia*.

Tabela 7 - Coeficientes dos ajustes e estatística da relação DAP - altura de *H. courbaril* e *H. serratifolius*.

Espécie	Equações	r ($p < 0,001$)	Syx%
<i>H. courbaril</i>	$h = (d * 45,82 / d + 63,12)$	0,51	9,9
<i>H. serratifolius</i>	$h = (d * 63,62 / d + 122,72)$	0,79	8,9

Syx% = Erro padrão da estimativa em porcentagem.
 r = Coeficiente de correlação; p = Nível de significância.

Os maiores valores de incrementos corrente médio em altura foram observados nas idades de 21 anos para *H. courbaril* e de 14 anos para *H. serratifolius* com taxas

de incremento corrente em altura de $0,11 \text{ m.ano}^{-1}$ e $0,12 \text{ m.ano}^{-1}$, respectivamente (Figura 10).

Leite (2012), avaliando o crescimento de duas espécies do gênero *Tabebuia* no Pantanal do Mato Grosso, encontrou incremento corrente em altura de $0,11$ a $0,14 \text{ m.ano}^{-1}$.

Enquanto Rosa (2008), avaliando o crescimento de 4 espécies de várzea na Amazônia brasileira, encontrou incremento corrente em altura variado de $0,92$ a $1,09 \text{ m.ano}^{-1}$.

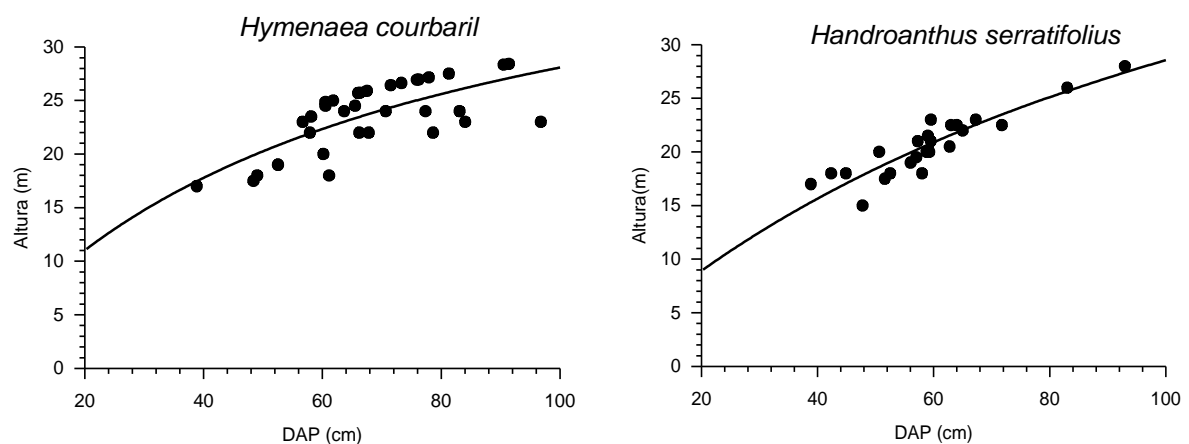


Figura 9. Relação entre altura total e DAP, ajustado por meio de regressão não-linear para *H. courbaril* e *H. serratifolius*.

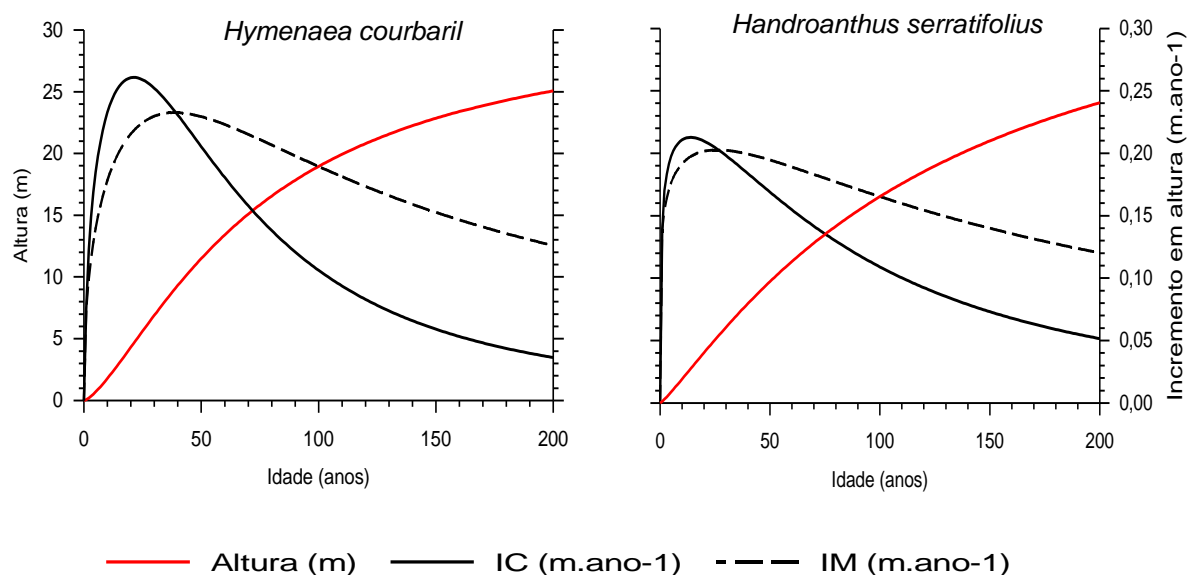


Figura 10. Curvas de crescimento em altura para *H. courbaril* e *H. serratifolius*. A linha vermelha representa o crescimento cumulativo em altura, a linha preta representa o incremento corrente anual em altura (ICA) e a linha preta tracejada representa o incremento médio em altura (IM).

4.5 CURVAS DE CRESCIMENTO EM VOLUME

A partir das curvas de crescimento do diâmetro (DAP) e da altura total foi possível construir as curvas de crescimento em volume de madeira utilizando as equações das Tabelas 2 e 3, descritas na metodologia.

As curvas de crescimento em volume possibilitaram determinar o período ótimo para o corte das árvores de *H. courbaril* e *H. serratifolius*, o qual é definido pelo ponto onde houve a maior taxa de incremento corrente em volume (ICA_{max}) (SCHÖNGART, 2008).

As diferentes taxas de incremento máximo em diâmetro e volume observadas, Figura 8 e 11, para as espécies refletiram em diferentes diâmetros mínimos de corte e ciclo de corte (Tabela 8).

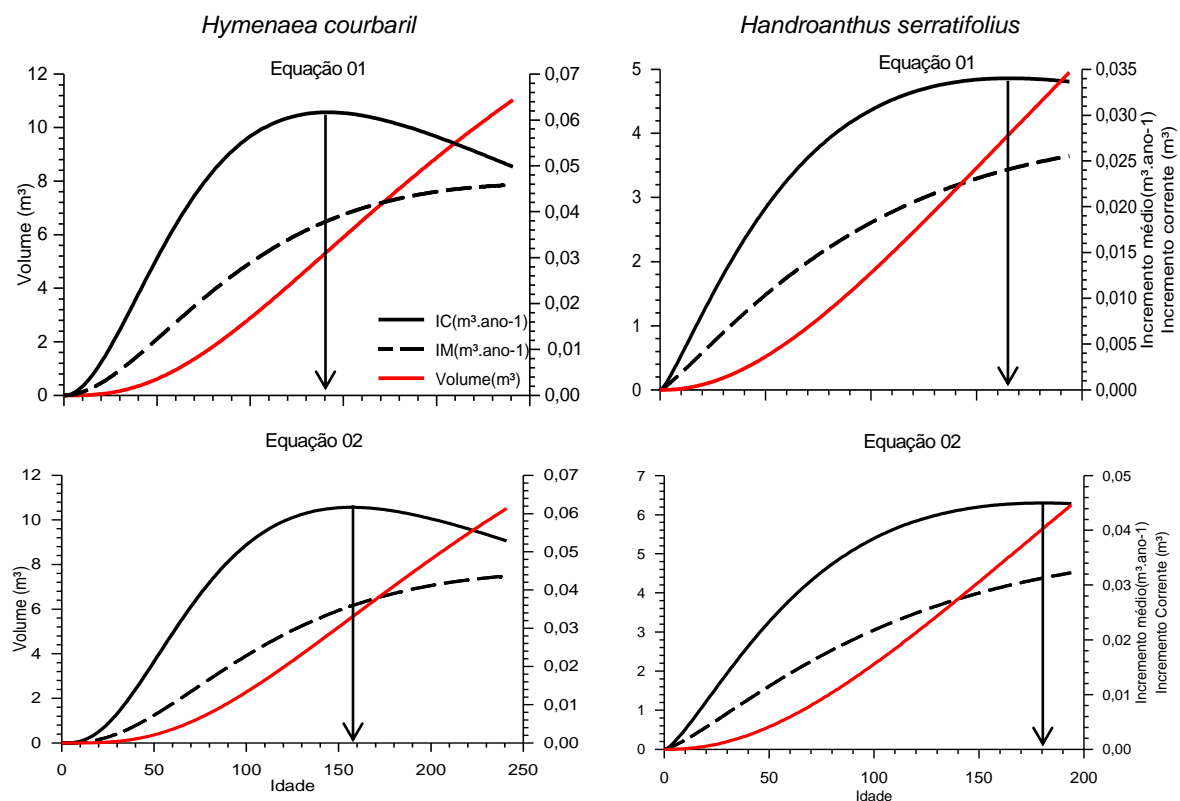


Figura 11. Ponto máximo de incremento corrente em volume para *H. courbaril* e *H. serratifolius*.

A idade e o DAP em que cada uma das espécies atingiu o ponto de maior incremento corrente em volume variou de acordo com cada uma das equações

utilizadas (Tabela 2 e 3). Para *H. courbaril*, o ponto de maior incremento corrente anual em volume ocorreu na idade média de 150 anos, com DAP médio de 62,6 cm. Já para *H. serratifolius*, as maiores taxas de incremento em volume ocorreram na idade média de 174 anos, com DAP médio de 67,4 cm.

Os resultados indicam que nenhuma das duas espécies atingiu o diâmetro mínimo de corte condizente com o estabelecido pela Resolução nº 009 de 15 de Dezembro de 2011, da constituição estadual do estado do Amazonas, que é de 50 cm (Tabela 8). O DMC médio observado para *H. courbaril* foi de 62,6 cm e de 67,4 cm para *H. serratifolius*.

Tabela 8 - Diâmetro mínimo de corte e idade alcançado pelas diferentes equações de volume para *H. courbaril* e *H. serratifolius*.

Equações	<i>Hymenaea courbaril</i>			<i>Handroanthus serratifolius</i>		
	DMC(cm)	Idade no DMC	CC(anos)	DMC(cm)	Idade no DMC	CC(anos)
Equação 01	60,2	142	23,6	65,2	166	25,4
Equação 02	64,9	157	24,2	69,5	181	26,0

Onde: DMC representa o diâmetro mínimo de corte em cm.

Equação 01 e Equação 02 = São equações utilizadas para estimar o volume total das espécies.

O volume máximo obtido pelas equações utilizadas para as espécies estão apresentadas na Tabela 8. É possível observar que se for priorizadas as espécies que se enquadram no DMC definido pelo presente estudo é possível ter ganhos consideráveis em volume.

Na tabela 9 é possível observar que se for priorizado as árvores com o DMC estimado pelo presente estudo o volume obtido em algumas situações é praticamente o dobro do volume das árvores exploradas com 50 cm de diâmetro.

Tabela 9 - Volume apresentado para *H. courbaril* e *H. serratifolius* aos 50 cm de diâmetro e no DMC definido pelas equações como o ponto de máximo incremento em volume.

Equações	<i>H. courbaril</i>		<i>H. serratifolius</i>	
	50 cm	DMC	50cm	DMC
Equação 01	3,64 m ³	5,41 m ³	2,43 m ³	2,94 m ³
Equação 02	2,98 m ³	5,63 m ³	4,00 m ³	5,67 m ³

Além da maior volumetria estimada pelos modelos há um ganho significativo para a espécie, pois o DMC definido pelos modelos representa o momento em que as espécies atingem o seu máximo de incremento e a partir deste há uma tendência a diminuir, ou seja, a espécie se aproxima da senescência.

O ciclo de corte foi estimado pelo tempo médio que as espécies levaram para passar por classes diamétricas até atingir o DMC (equação 4). O ciclo de corte médio foi de 24,5 anos para *H. courbaril* e 26,5 anos para *H. serratifolius* (Figura 12).

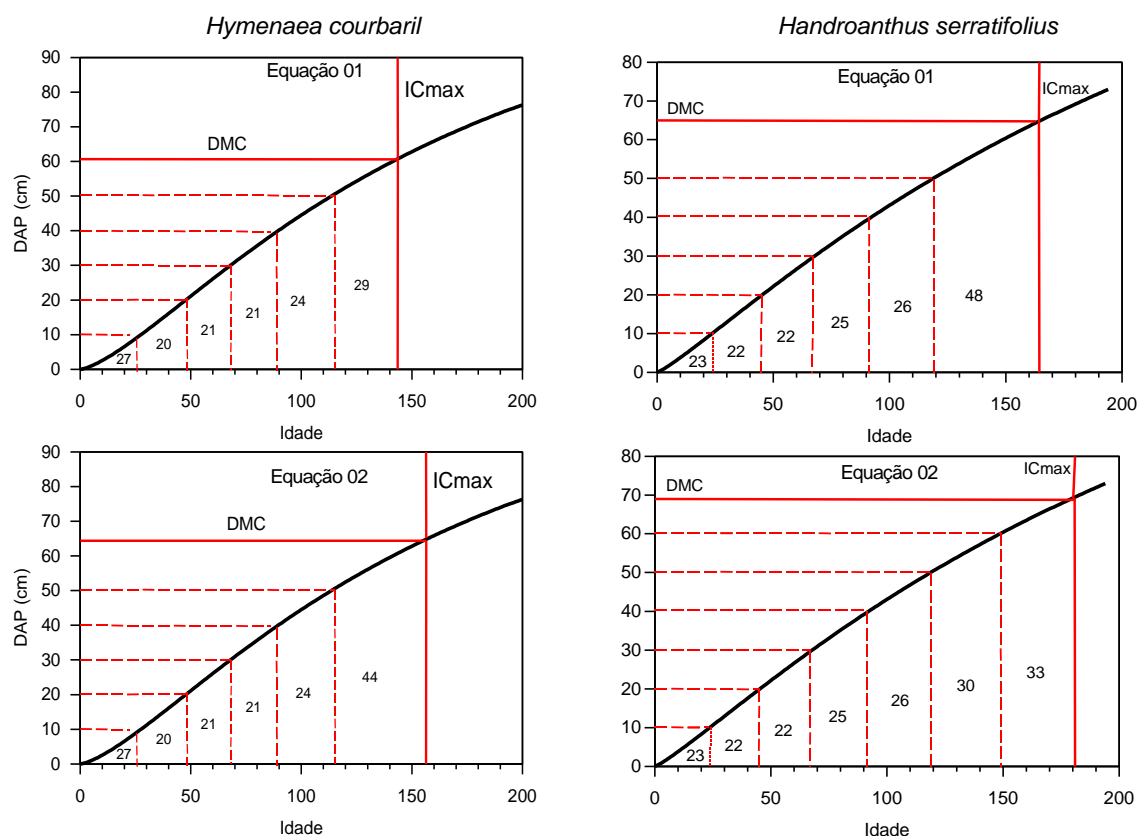


Figura 12. Relação entre o diâmetro a altura do peito e idade para *H. courbaril* e *H. serratifolius*. A linha preta contínua representa o DAP (cm). Os valores entre as linhas tracejadas representam o tempo real que cada espécie necessitou para atingir cada classe de 10cm de DAP. DMC representa o diâmetro mínimo de corte e o ICmax o incremento corrente máximo em volume.

Apesar do ciclo de corte encontrado para *H. courbaril* e *H. serratifolius* estarem de acordo com a legislação, estudos a respeito da estrutura populacional das espécies na região se faz necessário, gerando informações da dinâmica das espécies, taxas de recrutamento, mortalidade e incremento diamétrico nas árvores remanescentes (LÓPEZ *et al.*, 2012; SCHULZE *et al.*, 2008).

Schulze (2003) em seus estudos sobre as implicações da estrutura populacional das espécies de *H. courbaril* e *H. serratifolius* da FLONA do Tapajós, relatou que as espécies apresentam estruturas populacionais não balanceadas, ou seja, baixa presença de indivíduos em classes jovens, o que torna o manejo dessas espécies um desafio. Apesar das mesmas apresentarem sucesso no estabelecimento sob algumas formas de perturbações isso não se traduz no sucesso dos povoamentos com pequena fixação e taxas de crescimento em clareiras tanto de áreas exploradas de maneira convencional quanto por exploração manejada.

Em estudos na várzea da Amazônia Central, Schöngart (2008) definiu critérios de manejo para doze espécies. Espécies com baixa densidade apresentaram diâmetro mínimo de corte variando entre 47 a 62 cm e ciclo de corte de 3,3 a 19,9 anos. Já espécies com alta densidade o diâmetro mínimo de corte apresentou variação entre 53 a 70 cm com ciclo de corte de 21,5 a 32,1 anos.

Leite (2012) encontrou diâmetro mínimo de corte de 50 cm para *Tabebuia aurea* e 40 cm para *Tabebuia heptaphylla* e ciclo de corte de 31,2 e 30,5 anos, respectivamente.

López *et al.* (2012) avaliaram o ritmo de crescimento de seis espécies na província biogeográfica do cerrado da Bolívia. Para *H. courbaril* os autores encontraram taxas de incremento médio de 0,55 cm.ano⁻¹ o que levaria a um diâmetro mínimo de corte aos 25 anos de aproximadamente 14,2 cm, ou seja, muito abaixo do previsto pela legislação florestal da Bolívia, que determina um diâmetro mínimo de corte de 50 cm com ciclo de corte de 25 anos, assim como no Brasil.

Schulze *et al.* (2008), avaliando a exploração de duas espécies de *Tabebuia* na FLONA Tapajós no estado do Pará, encontraram incremento baixo variando de 0,19 a 0,43 cm.ano⁻¹, tornando o ciclo de corte de 30 anos insuficiente para que as espécies remanescentes possam atingir o diâmetro comercial.

Muitos países tropicais adotam diâmetro mínimo de corte de 50 a 70 cm com ciclo de corte único para todas as espécies (BRIENEN e ZUIDEMA, 2006). Essas práticas de manejo podem causar uma grande pressão sob as espécies arbóreas exploradas, tornando o manejo não sustentável.

Segundo Schöngart (2008), as divergências encontradas tanto no diâmetro como no incremento corrente em volume e por conseguinte no diâmetro mínimo de corte e ciclo de corte entre espécies tropicais confirmam que o atual sistema

policíclico, operando apenas com um único diâmetro mínimo de corte e ciclo de corte para todas as espécies, não pode ser considerado sustentável.

Os resultados do presente trabalho corroboram para tal constatação, onde os valores encontrados para o diâmetro mínimo de corte divergem da atual legislação vigente no estado do Amazonas.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

H. courbaril e *H. serratifolius* apresentaram anéis de crescimento anuais que permitiram a sua identificação e demarcação bem como a determinação da idade das árvores.

H. courbaril apresentou idade média de 185 anos e *H. serratifolius* idade média de 152 anos.

As duas espécies arbóreas apresentaram pequena diferença nas taxas médias de crescimento, o que evidencia que o atual sistema de manejo praticado na região, sistema policíclico que estabelece um único diâmetro mínimo de corte e ciclo de corte para todas as espécies, não pode ser considerado como práticas de manejo sustentáveis.

Nenhuma das duas espécies estudadas atingiu o diâmetro mínimo de corte preconizado pela legislação vigente no estado do Amazonas. O diâmetro mínimo recomendado para *H. courbaril* e *H. serratifolius* é de 62,6 e 67,4 cm, respectivamente. Isto indica que se obedecido o DMC estimado por este estudo, apesar do ganho em volume seria necessário menores intervenções na floresta.

O ciclo de corte previsto para as duas espécies ficaram abaixo do previsto na legislação com médias de 24 anos para *H. courbaril* e 26 anos para *H. serratifolius*.

A análise dos anéis de crescimento se mostrou eficiente para a geração de dados que permitam o desenvolvimento de modelos de crescimento arbóreo e desta forma estabelecer melhores práticas de manejo florestal visando um melhor aproveitamento dos recursos.

Recomenda-se uma maior amostra, visando contemplar, principalmente, as classes diamétricas menores, não só das espécies avaliadas neste trabalho, mas de outras espécies para melhor caracterizar a distribuição das espécies na floresta.

Recomendam-se ainda estudos a respeito da estrutura populacional e da dinâmica da regeneração dessas duas espécies para que haja um melhor entendimento das estratégias de estabelecimento e a dinâmica populacional, buscando minimizar os impactos ecológicos e ao mesmo tempo assegurar a sustentabilidade da exploração.

REFERÊNCIAS

AMARAL, P.; AMARAL NETO, M. A. **Manejo florestal comunitário: situação atual, desafios e perspectivas**. Instituto ed. Brasília, 58 p., 2000.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brasil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728. Piracicaba, 2014.

AZEVEDO, C. DE; SANQUETTA, C. Efeito da exploração de madeira e dos tratamentos silviculturais no agrupamento ecológico de espécies. **Floresta**, v. 2, p. 53-69, 2008.

BOTOSSO, P. C.; MATTOS, P. P. **Conhecer a idade das árvores: importância e aplicação**. Colombo-PR, 25 p., 2002.

BOTOSSO, P. C.; TOMAZELLO, F. M. Aplicação de faixas dendrométricas na dendrocronologia: avaliação da taxa e do ritmo de crescimento do tronco de árvores tropicais e subtropicais. In: **Indicadores Ambientais: conceitos e aplicações**. EDUC ed. São Paulo, p. 145-171, 2001.

BURGE, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: NOBEL, 154 p., 1991.

BRAGA, P. I. S. Subdivisão fitogeográfica, tipos de vegetação, conservação e inventário florístico da floresta Amazônica. **Supl. Acta Amazonica**, v. 9, p. 53-80, 1979.

BRAZ, E. M.; SCHNEIDER, P. R.; MATTOS, P. P.; SELLE, G. L.; THAINES, F.; RIBAS, L. A.; VUADEN, E. Taxa de corte sustentável para manejo das florestas tropicais. **Ciência Florestal**, v. 3, p. 137-145, 2012.

BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A. Lifetime growth patterns and ages of Bolivian rain forest trees obtained by tree ring analysis. **Journal of Ecology**, v. 94, n. 2, p. 481-493, mar. 2006.

BRIENEN, R. J.; ZUIDEMA, P. A. Incorporating persistent tree growth differences increases estimates of tropical timber yield. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 5, n. 6, p. 302-306, ago. 2007.

BUONGIORNO, J.; GILLESS, J. K. Forest management and economics a primer in quantitative methods. **Macmillan Publishing Company**, p. 89, 1987.

CARRERO, G. C.; PEREIRA, R. S.; JACAÚNA, M. A.; LIMA JÚNIOR, M. J. V. **Árvores do Sul do Amazonas: guia de espécies de interesse econômico e ecológico**. Manaus, 57 p., 2014

CARVALHEIRO, K.; SABOGAL, C.; AMARAL, P. **Análise da legislação para o manejo florestal por produtores de pequena escala na Amazônia brasileira**. Belém- PA: CIFOR, 98 p., 2008.

CNM. **Confederação Nacional dos Municípios.**, 2010. Disponível em: <<http://www.cnm.org.br/>>. Acesso em: 26 de Dezembro de 2014.

CORADIN, V. T. R.; CAMARGOS, J. A. A.; PASTORE, T. C. M.; CHRISTO, A. G. **Madeiras Comerciais do Brasil**: chave interativa de identificação baseada em caracteres gerais e macroscópicos. Serviço Florestal Brasileiro, Laboratório de Produtos Florestais: Brasília, 2010. CD-ROM.

COSTA, C. **Prospecção e viabilidade econômica para o manejo sustentável de *Hymenaea spp.*** 130 f. Dissertação, Universidade Federal de Viçosa, 2012.

DÉTIENNE, P.; MARIAUX, A. Nature et périodicité des cernes dans les bois rouges de méliacées africaines. **Bois et Forêt des Tropiques**, n. 175, p. 52–61, 1977.

DOMINGUES, E. P.; CARVALHO, T. S.; MAGALHÃES, A. S. **Desmatamento e a contribuição econômica da floresta na Amazônia**. Niterói- RJ, 42 p., 2013.

ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F.; PINTO, J. R. R. **Comunicações Técnicas Florestais: idade e crescimento das árvores**. Brasília, 47 p., 2005.

FEARNSIDE, P. M. Biodiversity as an environmental service in Brazil's Amazonian forests: risks, value and conservation. **Environmental Conservation**, v. 26, p. 305–321, 1999.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 3, p. 395–400, 2006.

FERREIRA, L.; CHALUB, D.; MUXFELDT, R. **Informativo técnico: *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nichols.** Rio Branco, 2004. Disponível em: <<http://www.rsa.ufam.edu.br>>.

FERRI, M. G. **Vegetação Brasileira.** São Paulo, 157 p., 1980.

FONSECA JÚNIOR, S. F.; PIEDADE, M. T. F.; SCHÖNGART, J. Wood growth of *Tabebuia barbata* (E. Mey.) Sandwith (Bignoniaceae) and *Vatairea guianensis* Aubl. (Fabaceae) in Central Amazonian black-water (igapó) and white-water (várzea) floodplain forests. **Trees**, v. 23, n. 1, p. 127–134, 22 ago. 2009.

FRITTS, H. C. **Tree ring and climate.** London, 567 p., 1976.

GRISSINO-MAYER, H. D. **Ultimate tree- ring web pages: principles in dendrochronology,** 1996. Disponível em: <<http://web.utk.edu/~grissino/principles.htm#6>>. Acesso em: 11 nov. 2014.

HIGUCHI, F. G. **A influência do tamanho da parcela na precisão da função de distribuição de diâmetro de Weibull da floresta primária da Amazônia Central.** 59 f. Dissertação, Universidade Federal do Paraná, 2007.

HIGUCHI, N. Utilização e manejo dos recursos madeireiros das florestas tropicais úmidas.pdf. **Acta Amazonica**, v. 24, p. 275–288, 1994.

HIGUCHI, N. *et al.* **Governos locais amazônicos e as questões climáticas globais.** Manaus, 104 p., 2009.

IAWA Committee. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. IAWA Bull., n. 10, p. 219–332, 1989.

IBGE. **Cidade: Novo Aripuanã.** Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/QH0>>. Acesso em: 5 set. 2014.

INSIDE-WOOD. **Search The InsideWood Database.** Disponível em: <<http://insidewood.lib.ncsu.edu/search;jsessionid=6EFC258CE80E8ACB7CD03F274EF59FD4?0>>. Acesso em: 11 out. 2014.

IPT. **Informações sobre madeiras.** Disponível em: <http://www.ipt.br/consultas_online/informacoes_sobre_madeira/busca>. Acesso em: 5 set. 2014.

ITTO. **Tropical timber market report.** TTM Report, 23 p., 2011.

KAENNEL, M.; SCHWEINGRUBER, F. H. **Multilingual glossary of dendrochronology: terms and definitions in English, German, French, Spanish, Italian, Portuguese and Russian.** Viena, 467 p., 1995.

LARSON, P. R. **The vascular cambium.** Ann Arbor- Estados Unidos, 725 p., 1994.

LEITE, P. T. P. **Dendrocronologia de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook e *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo (Bignoniaceae) no Pantanal de Mato Grosso, Brasil.** 48f. Dissertação, Universidade Federal do Mato Grosso, 2012.

LENTINI, M.; PEREIRA, D.; CELENTANO, D.; PEREIRA, R. **Fatos Florestais da Amazônia.** Belém- PA, 140 p., 2005.

LIMA, A. J. N. **Avaliação de um sistema de inventário florestal contínuo em áreas manejadas e não manejadas do estado do Amazonas (AM).** 183 f. Tese, Universidade Federal do Amazonas- UFAM, 2010.

LISBOA, P. L. B.; TEREZO, E. F. M.; SILVA, J. C. A. Madeiras Amazônicas: considerações sobre exploração, extinção de espécies e conservação. Boletim Museu Paraense Emílio Goldi, Sér. Bot. 7, 1991.

LISI, C. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; ROIG, F. A.; MARIA, V. R. B.; FEDELE, L. F.; VOIGT, A. R. A. Tree-ring formation, radial increment periodicity, and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous forest in southeast Brazil. **IAWA Journal**, v. 29, n. 2, p. 189–207, 2008.

LOBÃO, M. S. **Dendrocronologia , fenologia , atividade cambial e qualidade do lenho de árvores de *Cedrela odorata* L . , *Cedrela fissilis* Vell . e *Schizolobium parahyba* var . *amazonicum* Hub. ex Ducke, no estado do Acre..** 215 f. Tese, Universidade de São Paulo, 2011.

LOCOSSELLI, G. M. **Análise integrada de dendrocronologia, anatomia e isótopos estáveis de carbono de duas espécies de jatobá (*Hymenaea*, LEGUMINOSAE)**

para identificação de possíveis efeitos da elevação do CO₂ atmosférico e mudanças climáticas. 91 f. Dissertação, Universidade de São Paulo, 2010.

LÓPEZ, L.; VILLALBA, R.; PEÑA-CLAROS, M. Ritmos de crecimiento diamétrico en los bosques secos tropicales: aportes al manejo sostenible de los bosques de la provincia biogeográfica del Cerrado Boliviano. **Bosque (Valdivia)**, v. 33, n. 2, p. 21–22, ago. 2012.

LUCHI, A. E. **Periodicidade de crescimento em *Hymenaea courbaril* L. e anatomia ecológica do lenho de espécies de mata ciliar.** 126 f. Tese, Universidade de São Paulo, 1998.

MAIA, M. A. M.; MARMOS, J. L. **Geodiversidade do Estado do Amazonas: Levantamento da geodiversidade.** Manaus, 2010.

MARTINS, H.; VICTOR, A.; SOUZA JÚNIOR, C.; SALES, M.; VERÍSSIMO, A. **Transparência Florestal: Amazônia legal.** 13 p., 2013.

MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M.; HESS, A. F.; SALIS, S. M. **A dendrocronologia e o manejo florestal sustentável em florestas tropicais.** Colombo -PR, 35 p., 2011.

MATTOS, P. P.; SEITZ, R. A. Growth dynamics of *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* and *Tabebuia impetiginosa* from Pantanal Mato-Grossense Brasil. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 4, p. 427–434, 2008.

MATTOS, P. P.; SEITZ, R. A.; SALIS, S. M. Potencial Dendroecológico de *Tabebuia heptaphylla* (Vell .) Toledo. **Bol. Pesq. Fl.**, n. 48, p. 93–103, 2004.

MELO, M. G. G.; MENDES, A. M. S. **Informativo técnico: *Hymenaea courbaril*.** Manaus, 2005. Disponível em: <<http://www.rsa.ufam.edu.br>>.

OLIVEIRA, A. N.; AMARAL, I. L. Florística e fitossociologia de uma floresta. **Acta Amazonica**, v. 34, n. 1, p. 21–34, 2004.

OLIVEIRA, C. L. **Estimativa da dinâmica de carbono na biomassa lenhosa de terra firme na reserva de desenvolvimento sustentável Amanã por métodos dendrocronológicos.** 53 f. Dissertação, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia- INPA, 2010.

OLIVEIRA, J. M. **Anéis de crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze**. 139 f. Tese, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

PALERMO, G. P. M.; LATORRACA, J. V. F.; ABREU, H. S. Métodos e técnicas de diagnose de identificação dos anéis de crescimento de árvores tropicais. **Floresta e Ambiente**, v. 9, n. 1, p. 165–175, 2002.

PIRES- O'BRIEN, M. J.; O' BRIEN, C. M. **Ecologia e modelamento em florestas tropicais**. Belém, 400 p., 1995.

POCINHO, M. **Estatística: teoria e exercícios passo a passo**. Vol. 1, 82 p., 2009.

POORTER, L.; BONGERS, F. **Ecology of tropical forests**. Wageningen, p. 223, 1993.

PRANCE, G. T. A terminologia dos tipos de florestas amazônicas sujeitas a inundação. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 10, n. 3, p. 495-504, 1980

PRODAN, R. P.; COX, R. P. F.; REAL, P. **Mensura forestal**. San José- Costa Rica, p. 586, 1997.

RIBEIRO, J. E. L. *et al.* **Flora da reserva Duke**. Manaus, 793 p., 1999.

RIZZINI, C. T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil: aspectos sociológicos e florísticos**. São Paulo, 374 p., 1979.

ROSA, S. A. **Modelos de crescimento de quatro espécies madeireiras de Floresta de Várzea da Amazônia Central por meio de métodos dendrocronológicos**. 77 f. Dissertação, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - **INPA**, 2008.

SANTANA, A. C.; SANTOS, M. A. S.; SANTANA, A. L.; YARED, J. A. G. O valor econômico da extração manejada de madeira no baixo Amazonas, estado do Pará. **Revista Árvore**, v. 36, n. 3, p. 527–536, jun. 2012.

SALATI, E.; JUNK, W. J.; SHUBART, H. O. R.; OLIVEIRA, A. E. **Amazônia: desenvolvimento, integrado e ecologia**. São Paulo: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 327 p., 1983.

SCHEEREN, L.; FLEIG, F. Crescimento de canela-lageana, *Ocotea pulchella* Nees et Mart. ex Nees, na Depressão Central do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 1, p. 137–144, 2003.

SCHEEREN, L. W.; SCHNEIDER, P. S. P.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Crescimento do louro-pardo, *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud., na depressão central do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 2, p. 169–176, 2002.

SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria, 348 p., 1993.

SCHÖNGART, J.; ORTHMANN, B.; HENNENBERG, K. J.; POREMBSKI, S.; WORBES, M. Climate-growth relationships of tropical tree species in west africa and their potential for climate reconstruction. **Global Change Biology**, v. 12, p. 1139–1150, 2006.

SCHÖNGART, J.; WITTMANN, F.; WORBES, M.; PIEDADE, M. T. F.; KRAMBECK, H. J.; JUNK, W. J. Management criteria for *Ficus insipida* Willd. (Moraceae) in Amazonian white-water floodplain forests defined by tree-ring analysis. **EDO Sciences**, v. 64, p. 657–664, 2007.

SCHÖNGART, J. Growth-Oriented Logging (GOL): A new concept towards sustainable forest management in Central Amazonian várzea floodplains. **Forest Ecology and Management**, v. 256, n. 1-2, p. 46–58, jul. 2008.

SCHÖNGART, J. **Dendrochronologische untersuchungen in überschwemmungswäldern der várzea zentralamaoniens**. 223 f. Thesis, Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie, Universität Göttingen, 2003.

SCHÖNGART, J.; FORTES, C. F.; ARRUDA, E. C.; CUNHA, C. N. Age-related and stand-wise estimates of carbon stocks and sequestration in the aboveground coarse wood biomass of wetland forests in the northern Pantanal, Brazil. **Biogeosciences**, v. 8, n. 11, p. 3407–3421, 28 nov. 2011.

SCHULZE, M. D. **Ecology and behavior of nine timber tree species in Pará Brasil: links between species life history and forest**. 371 f. Thesis, The Pennsylvania State University, 2003.

SCHULZE, M.; GROGAN, J.; UHL, C.; LENTINI, M.; VIDAL, E. Evaluating ipê (*Tabebuia*, Bignoniaceae) logging in Amazonia: Sustainable management or catalyst

for forest degradation? **Biological Conservation**, v. 141, n. 8, p. 2071–2085, ago. 2008.

SCOLFORO, J. R. **Modelos para expressar o crescimento e a produção florestal**. Lavras, 182 p., 1994.

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. UFLA/FAEPE ed. Lavras, 438 p., 1998.

SCUDELLER, V. V.; RAMOS, R. A.; CRUZ, M. E. G. **Flora fanerogâmica da floresta de terra firme na RDS Tupé**. UEA- Edição ed. Manaus, v. 2p. 206, 2009.

SDS. **Relatório de gestão do sistema SDS**. Manaus, 142 p., 2008.

SEGOV-AM. **Secretaria de estado da cultura e turismo do Amazonas/ Secretaria do Estado do Amazonas**. Manaus. Disponível em: Disponível em <http://200.242.43.143/portal/segov>. Acesso em maio de 2014.

SFB. **Florestas do Brasil em resumo**. Brasília, p. 188, 2013.

SFB E IMAZON. **A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção , receita e mercados**. Belém-PA, 32 p., 2010.

SILVA, J.; CARVALHO, J. DE. Equações de volume para a Floresta Nacional do Tapajós. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 8/9, p. 50–63, 1984.

SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; LOPES, J. C. A.; ALMEIDA, B. F.; COSTA, D. H. M.; OLIVEIRA, L. C.; VANCLAY, J. K.; SKOVSGAARD, J. P. Growth and yield of a tropical rain forest in the Brazilian Amazon 13 years after logging. **Forest Ecology and Management**, v. 71, n. 3, p. 267–274, fev. 1995.

SILVA, S. C. P.; PEREIRA, C. F.; SILVA, C. L.; LEAL, D.; OLIVEIRA, M. C.; RAPOZO, P. H. C.; BRAGA, T. P. **Plano territorial de desenvolvimento rural território madeira-AM**. Manaus, 2010.

SIOLI, H. **Amazonia: fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais**. Petropolis-RJ, 72 p., 1985.

SOARES, C. P. B.; MARTINS, F. B.; LEITE JÚNIOR, H. U.; SILVA, G. F.; FIGUEIREDO, L. T. M. Equações hipsométricas, volumétricas e de Taper para onze espécies nativas. **Revista Árvore**, v. 35, n. 5, p. 1039–1051, 2011.

STONE-JOVICICH, S.; AMARAL, P.; FONSECA, H.; PIRES, A. **Acompanhamento para Manejo Florestal Comunitário na Reserva de Desenvolvimento Sustentável**. Manaus: CIFOR, 45 p., 2007.

TOMAZELLO, M. F.; BOTOSSO, P. C.; LISI, C. S. Análise e aplicação dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia. In: EDUC; COMPED; INEP (Eds.) **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo, p. 117–143, 2001.

TREVIZOR, T. Anatomia comparada do lenho de 64 espécies arbóreas de ocorrência natural na floresta tropical amazônica no estado do Pará. 217 f. Dissertação, Universidade de São Paulo, 2011.

VIEIRA, S.; TRUMBORE, S.; CAMARGO, P. B.; SELHORST, D.; CHAMBERS, J. Q.; HIGUCHI, N.; MARTINELLI, L. A. Slow growth rates of Amazonian trees: consequences for carbon cycling. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 102, n. 51, p. 18502–7, 20 dez. 2005.

WESTBROOK, J. Annual growth rings in a sample of *Hymenaea courbaril*. **Iawa Journal**, v. 27, n. 2, p. 193–197, 2006.

WHITMORE, T. C. **An introduction to tropical rain forest**. Claredon, 226 p., 1990.

WORBES, M. How to measure growth dynamics in tropical trees a review. **IAWA Journal**, v. 16, n. 4, p. 337–351, 1 jan. 1995.

WORBES, M. Annual growth rings, rainfall-dependent growth and long-term growth patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela. **Journal of Ecology**, v. 87, n. 3, p. 391–403, jun. 1999.

WORBES, M. ; KLINGE, H.; REVILLA, J. D.; MARTIUS, C. On the dynamics, floristic subdivision and geographical distribution of várzea forests in Central Amazonia. **Journal of Vegetation Science**, v. 3, n. 4, p. 553–564, ago. 1992.

WORBES, M. Tree ring analysis. **Elsevier**, p. 1–13, 2004.

WORBES, M.; JUNK, W. J. Dating tropical trees by means of ^{14}C from bomb tests. **Ecology**, v. 70, p. 503–507, 1989.

WORBES, M.; STASCHEL, R.; ROLOFF, A.; JUNK, W. J. Tree ring analysis reveals age structure, dynamics and wood production of a natural forest stand in Cameroon. **Elsevier**, n. 173, p. 105-123, 2003.